

كلود آلاڤر
عضو في أكاديمية العلوم الأمريكية
وأكاديمية العلوم الفرنسية
أليس العلم بقريب
منتدى إقرأ الثقافي
www.iqra.ahlamontada.com
منتدى إقرأ الثقافي
للكتب (كوردى - عربي - فارسي)
www.iqra.ahlamontada.com
الدار المتوسطية للنشر
MEDITERRANEAN PUBLISHER

بسم الله الرحمن الرحيم

الكتاب : أَلَيس **العلم** بقريب ؟

الكتاب الفرنسي : La science est le défi du 20eme siecle
Claude Allegre © Plon 2009

الكاتب : كلود آلاڤر

المترجم : د.عبد الصّمد زايد

مدير النشر : عماد العزّالي

الترقيم الدولي للكتاب : 978-9938-806-80-9

الطبعة الأولى: 2011 م - 1432 هـ



الدار المتوسطية للنّشر - تونس

5 شارع شطرانة 2073 برج الوزير أريانة

الهاتف : 880 698 70 216 - الفاكس : 633 698 70 216

البريد الإلكتروني : medi.publishers@gnet.tn

كلود آلاقر

أَليس العلم بقريب ؟

ترجمة د. عبد الصّمد زايد

أستاذ بكلية الآداب بتونس





الـــــمقدمة

البحث الضروري المستحيل

العلم هو أن لا تقول بجميع ما يقول به النّاس.

أنكسيمندر

العلم هو الذي يغير العالم. أمّا الاقتصاد فيستغلّ ما يتوصّل إليه العلم من النتائج. ويضيف إليها ملحقات افتراضيّة. وأمّا السياسة فتنظّم وتحاول أن تسيطر على تطوّرٍ ما ينفكّ يفلت منها.

ولا نحتاج إلى التذكير بأنّ اختراع الطباعة في القرن السادس عشر هو الذي أفقد الكنسية سيطرتها المطلقة على الفكر العقليّ والعلميّ. ولنفكّرْ في القرن التاسع عشر فقد تمّت فيه اكتشافات عديدة كالكهرباء والرّاديو والتليفون والسيارات والبترول والميكروبات وتعميم التلقيح وتطوّر السكك الحديديّة وغيرها. وكان من نتائجِها ولادة الرأسماليّة وتوسّع المدن الضخمة المبنيّة حول المصانع وتطوّر البورصة وازدهار شركات رأسماليّة كبيرة. وقبالة ذلك ولدت الحركة الاجتماعية المنظّمة و النقابات.

إن تاريخ الحضارات البشرية تنتجه في المقام الأول تطوّرات العلم وما يسمح به من التقنيات. وأمّا بقيّة العوامل فتأتي بعد ذلك. والفارق في التطوّر بين البلدان يعكس مدى سرعتها في استيعاب وتطويع الاكتشافات العلمية الجديدة أو الاختراعات التكنولوجية. فقد لا يخطر على البال أنّ قوّة أمريكا المتزايدة في القرن العشرين وهيمنتها على العالم تجدان منبتا لهما في فكرة عبقرية برقت في ذهن شابّ سربيّ مهاجر. إنّه «نيكولا تسلا» Tesla الذي خطرت له فكرة استعمال الكهرباء التناوبي لنقل الطاقة الكهربائية على مسافات كبيرة وبذلك تيسّرت الإنارة الكهربائيّة لكلّ راغب فيها في المدن الكبرى في الساحل الشرقي. وقد فهمنا الآن حقّا أن تخلّف أوروبا بدأ منذ ذلك العهد حين واجهت الكهرباء بالجفوة والتمنّع. ولكن هل اقتنعنا اقتناعا كاملا بأن تخلّفنا التكنولوجي الرّاهن يكمن في أنّنا أخطأنا في تقديرنا لما سيكون للإعلاميّة من تطوّرات في المستقبل. لقد ظننا أن الأجدى هو الأشياء العملاقة هو الحواسيب الضخمة. إنّ ما تحتاج إليه الحياة اليومية من حواسيب صُغْرية والبرامجيات الحاسوبية هي التي ازدهرت.

والصعوبة في هذا الصدد أن رجال السياسة قد اعتادوا في القرارات الحكوميّة على التراتيب الديمقراطيّة التي تقضي باتّباع رأي الأغلبيّة. وأمّا في المجال العلمي فإن حكم الأغلبيّة يكفّ عن أن يكون مقياسا جيّدا حالما يتحتّم القطع العقلي أو التكنولوجي مع الأوضاع السائدة. إن الأفكار التجديديّة تبقى دائما صاحبة الأقليّة. وقد ثبت مَا للمسعى التكنولوجي والتخطيط المسبّق من النجاعة في عمليات التطوّر. ويشهد على ذلك نجاح بعض البرامج الفرنسيّة كالنّووي وايربوس والقطار ذي السرعة العالية، وهي اليوم دعائم الازدهار الفرنسي.

ومن الضروري في مجال التجديد أن لا نخطط أكثر مما يجب والأحسن أن ندع سباق الأفكار يجري وأن نستعدّ لإحلال التكيّف المرن، وذلك يتطلّب قبل كل شيء أن يتحلّى كلّ النسيج الفكري والاجتماعي والمالي بحالة فكرية خاصّة تسمح للهياكل الصغيرة المجدّدة بالتطوّر سواء كانت فرقا علميّة أو مؤسسات صغيرة أو متوسّطة. وأمريكا اليوم هي وحدها التي فهمت ذلك. ولكنّ الصين والهند تسعيان منذ الآن إلى تبنّي نفس المنهج. ويجب أن ننبذ الاعتقاد بأن سرّ الازدهار الاقتصادي يكمن في حسن الإدارة فقط وأن لا ننسى أنّ التجديد هو المحرّك الأوّل في كلّ ازدهار. إنّ الأهمّ من كلّ شيء هو الإنسان وقدرته على اختراع العالم، وبالتالي على تغييره. وازدهار الأمم الاقتصادي هو قبل كل شيء رهن مستواها الثقافي والعلمي وحالة الروح الإبداعيّة التّي تتمتّع بها. ويكفينا، إن انحددنا بحدود النصف الثاني من القرن العشرين على المستوى العالمي، أن نذكر اكتشافين علميين غيرا حياة المليارات من الناس. وهما الترانزستور والحبّة المانعة للحمل. وقد وقعا في أمريكا. فالترانزستور هو أساس التكنولوجيا الحديثة، من ذلك أنّ الحواسيب الكبيرة والصّغيرة والرّقاقات والهاتف الجوّال والأقمار الاصطناعيّة وغزو الفضاء والتصوير الطبّي والمواصلات بين القارات ما كان لها أن توجد بدون هذه الظاهرة الإلكترونيّة الصغيرة الخاصّة بالموادّ الصلبة شبه الموصلة، واسمها ناتج عن إدغام الكلمتين (Transfer-resistor= نقل- مقاومة).

ونحن مدينون باكتشاف الترانزستور لثلاثة فيزيائيين هم: « جون بردين» و «ولتر بريتين» و «وليام شكلي» وكانوا يعملون بمخبر الأبحاث «نظام بيل». وهذا الاكتشاف تمّ سنة 1948. وفي سنة 1959 فقط تمكّن «جاك كيلبي» المهندس في «معدّات التكساس» (Texas instruments) من تحويل هذا

الاكتشاف الأساسي إلى أداة تكنولوجية عالميّة، وذلك من خلال صنعه لأوّل دارة مدمجة.

وأمّا صنع الحبّة المانعة للحمل سنة 1953 فقد كان من عمل الطّبيبين البيولوجيين « قريقوري بانكوس» و «مين شِشانغ» . وبفضلها تيسّر تحرير المرأة وتغيير دورها في المجتمع وتسنّى تعديل عدد سكّان العالم الذي كان سيرتفع على نحو مُرعب لولا هذا الاختراع.

ورغم ذلك فإنّ أغلب الناس من ذوي الإطّلاع سواء كانوا مسؤولين سياسيين أو صناعيين أو مفكّرين يجهلون اسميْ هذين الرجلين اللّذين غيرا العالم.

وقد اختير هؤلاء الرجال الأربعة لجائزة نوبل في الفيزياء، إلاّ أنّه وقع حرمان الطّبيبين البيولوجيين من جائزة نوبل في الطبّ والفيزيولوجيا بسبب الضّغط الذي مارسته كلّ كنائس العالم، ويجب أن لا ننسى في هذه الحالة الاختلاف البين في المعاملة.

وهذه الرؤية لتطوّر الحضارات التاريخيّ هي التي بسطها المؤرّخ البريطاني اللامع « أرنولد توينبي» A. Toynbée[1]. ولكنّ التغير الذي يحدثه العلم في الكون ليس نفعيّا اجتماعيّا فحسب، وإنما هو أيضا وبنفس الدرجة ثقافيّ وفلسفيّ. وحين فهم الإنسان أخيرا أنّ الشمس ليست هي التي تدور حول الأرض، وانتبه إلى أنّ النظام الشمسي هو مجرّد نظام عادي بسيط من بين العديد من الأنظمة الأخرى في درب التبّانة أدرك شيئا فشيئا أنّ الكائن البشري ليس مركز العالم.

---

1 - A. Toynbee: مغامرة البشرية الكبرى (1976) – الترجمة الفرنسية- Payot et Rivages 1994 – التاريخ (1972) – الترجمة الفرنسية Payot et Rivages 1996.

وحين أقرّ بعض الناس –لا كلّهم– أنّه نتاج إحدى سلالات القردة تغيرت منزلته في تاريخ الكون. وكذلك حين اكتشف العلماء أنّ انفجارا كبيرا حدث منذ 13 مليار سنة. وأنّ عمر الأرض يساوي 4.5 مليار سنة وعمر الإنسان 4 ملايين سنة فقط، حين تمّ اكتشاف كلّ ذلك اضطرّت البشريّة إلى مراجعة ما تراه من أنّها هي المركز في الكون ومراجعة التقويم الزمني الذي قدّمته التوراة. ومنذ قرن، بل نصف قرن ما كانت تبسط الوضعيّة القانونيّة الدقيقة للجنين البشري في مرحلة أربع أو ثماني خلايا. فما كانت توجد أيّ نيّة وأيّة وسيلة للتصرّف فيه وفصل خلاياه وتربيتها ومضاعفة عددها لاستعمالها في الطبّ الترميميّ. لقد كان ذلك مستحيلا تقنيّا. أمّا اليوم فقد أصبحت هذه المسألة مركز الاهتمام في النقاشات الدينيّة والفلسفيّة وعامل احتداد لها. وكذلك حال الاستنساخ سواء كان لغاية التوالد أم لا، وقد عشنا الجدل العنيف المتعلّق بحقّ منح الحياة الذي أثارته قضيّة الإجهاض ومنع الحمل، وهذه الخصومة لم تهدأ إلى اليوم. وفي مستقبل قد لا يكون بعيدا سيكون الموت موضوع جدل، وليس من المستحيل أن تُجمع البشرية على إقرار الموت الرّحيم. ومثل هذه المشاكل لم يعرض لها لا أرسطو ولا سبينوزا ولا كانط. وفي عهد الأنوار كان جميع المفكّرين يرون أنّ الإنسان سيتطوّر من خلال صراعه للطبيعة وهي أقوى منه وتناصبه العداء. أمّا اليوم فالطبيعة في رأي بعضهم يجب تقديسها، وكلّ ما هو طبيعي هو مبدئيّا طيّب، وكلّ ما هو بشريّ سيّء أو مشكوك في صلاحه على الأقلّ. ها هو الإنسان وهو في منتهى القوّة يسيء معاملة الطبيعة، فلا بدّ من حمايتها وترميمها. وترد حمايتها في المقام الأوّل ويليها الإنسان. إنّ الدبّ القطبي الأبيض أولى بالحماية من آلاف الأطفال الذين يموتون في إفريقيا بسبب انعدام الماء !

ومن العناصر التي يسّرت هذا الانقلاب في الموقف التقدّم التكنولوجي والتطوّر والتوسّع الديمغرافي. ولا يغيب عنّا ما يندسّ فيه من ضيق بالحياة وحيرة في خصوص معناها. فلماذا نعيش ؟ ومن أين جئنا ؟ وإلى أين المآل ؟ وهذه الأسئلة لا جواب عنها. إنّها الأسئلة المحرجة الخالدة ولكنّ انهيار الإيديولوجيات حرّكها وأذكاها.

وعلى عكس ذلك يرى بعضهم أنّ الإنسان قادر على كلّ شيء وأنّ العلم في منتهى القوّة ولا يجب أن نعرقل مسيرته. إنّ هذا الإنسان المبدع الخلاّق الذي تضاهي قوّته قوّة الله ها هو يعود وها نحن في رحابك يا «أوغوست كونت» A. Comte.

وأمّا التطورات العلميّة المرتقبة في القرن الواحد والعشرين فستكون أهمّ وأوسع بكثير ممّا حدث في القرن الماضي، لأنّ العلم سينكبّ على دراسة كوكب الأرض والحياة والإنسان والمخ والتّوالد والموت، أي إنّه سينكبّ على الأسس. وربما سيصبح بوسع الإنسان أن يغير الحياة والظّواهر التي تخصّ الكوكب كلّه والمناخ ودورة المياه، وذلك يعني أنّه يدخل كلّ يوم أكثر فأكثر في ما يختصّ به الله.

هل يجب أن نوقف هذا العلم الذي سيقضي علينا بالدّوّار والتّيه ؟ ذلك هو ما يراه بعدُ الكثير من الناس. فقد لا يكون الخلاص، حسب رأيهم، إلاّ في العودة إلى الدين. وهل الحياة ممكنة بدون إيمان ؟ وهل يمكن أن يتمادى صبرنا على علم تثير غطرسته أسئلة جديدة بقدر ما يتقدّم في حلّ القضايا السابقة. وهل ستقوى البشريّة على مقاومة هذا البحث الدّائم عن معنى ما ينفكّ يمتنع ؟ وهل ستتمادى في اعتبار نفسها مرحلة فريدة من نوعها في تاريخ الكون، والحال أنّها ليست إلاّ ظاهرة عاديّة بسيطة أو مجرّد تحوّل لا قيمة له ؟ إلاّ أنّ هذا العلم الذي تتغير بسببه

معارفنا ومعتقداتنا عميق التغير يبدّل في نفس الوقت حياتنا اليوميّة. وإن سُئلت عن رأيك في الاستنساخ لا شكّ في أنّك ستكون ضدّه، ولكن هل ستصرّ على هذا الرأي الباتّ إن قيل لك أنّه سيقع معالجة ساق ابنك التي تضرّرت بسبب الحادث الذي تعرّض له بفضل الاستنساخ العلاجي. ولا شكّ في أنّك من أنصار الحدّ من تلويث الوديان. ولكن إن كان لا بدّ لضمان ذلك من حرمانك تماما من استعمال موادّ التنظيف في غسل الأواني المطبخيّة بحيث تضطرّ إلى غسلها بيديك فهل ستحافظ على هذا الموقف الحازم ؟ وإن قُدّم لك الدليل على أنّ الهاتف الجوّال ينطوي على أخطار فعليّة تصيب المخ فهل تتخلّى عنه ؟ والحقّ أنّ هذه الأمثلة ستكثر في المستقبل في هذا العالم الذي سيكون فيه الجميع معنيين ومسؤولين. وعليهم الإدلاء برأيهم في كلّ شيء سواء كانوا على علم بالأمر أم لا وسواء كانوا من أهل الكفاءة أم لا. وفي هذا العالم أيضا ستكون كلّ أنواع التلاعب بالجماهير ممكنة ويمكن للعلم فيه أن يكون – حسب الأحوال – إمّا محلّ تجاهل أو موجّها والعلماء أنفسهم سيستهويهم تفضيل الإعلام بما يعرفون على المهارة وحسن الإنجاز ويمكن في هذا العالم أخيرا أن تتغلّب العاطفة على العقل وتنتج موجات فكريّة عاتية قاتلة.

وحين اقترح عليّ «أوليفي أوربان» O.Orban و «جون كلود سموان» J.C.Simoen القيام باستكشاف للقرن الواحد والعشرين من زاوية التطوّر العلمي المتوقّع رددت للوهلة الأولى بالسّلب، وأنا مدرك كلّ الإدراك لدور ما لا نتوقّعه وما لا يمكن التكهّن به في ارتقاء العلوم وفي انعكاساتها الاجتماعية أيضا إلى حدّ أن اعتبرتُ إنجاز الاقتراح مستحيلا. وأنا أعرف جيّدا أنّ ما نظنّه في هذا الميدان حادثا لا بدّ منه وأنّه محلّ إجماع يمكن أن يظهر أنّه خاطئ أو مستحيل.

ولذلك بدا لي الانطلاق في هذه الاستكشافات مخاطرة غير معقولة ثمّ غيرت رأيي لسببين:

يتمثّل **الأوّل** في أنّه ليس من العبث في هذا الظرف الصّعب الواقع لوطأة الأزمة أن نسلّط الأضواء الكشّافة على الظلمات المحيطة بنا وبوجه خاصّ على المواقف الواجب اتّخاذها إزاء التقدّم حتّى وإن كان ذلك لمدّة قصيرة من الزمن وعلى نحو غير محقّق.

وأمّا السبب **الثّاني** فمؤدّاه أن علماء الاقتصاد يحاولون دائما القيام بهذا الاستكشاف. وهم كعلماء الأرصاد الجوي يضحّون بالكثير في سبيل هذا التمرين فيخطؤون في الغالب العامّ وقد تكون أخطاؤهم أحيانا بيّنة مفضوحة.

ولكنّ ذلك لا يقلّ في عزمهم فيعيدون الكرّة. وفي هذا الصدد قال «قيوم دورونج» Guillaume d'Orange «ليس من الضروريّ أن نأمل...» فهم يتكهّنون لنا بالمستقبل دون أيّ حرج ويملؤون الأذهان بأعداد وحقائق ليست في صلبها إلا جمعا لفرضيات مشكوك فيها غالبا ما تكون زيادة على ذلك، قاتمة متشائمة. والمؤسف أنّ هذه التوقّعات لها انعكاسها على الفعل البشري.

وأنا مقتنع إن قبلنا المصادرة التي ترى أن العلم يغير العالم بأنّه ليس للعلماء أيّة حجّة يمكن أن تمنعهم من محاولة أن يتوقّعوا هم أيضا كيف سيكون مستقبل العالم في القرن الواحد والعشرين، خاصّة وروح الشكّ أكثر حضورا عندنا منها عند غيرنا. ونحن إلى ذلك ننشر أعدادا توضع باستمرار موضع الشكّ. ونحن أوّل المتفاجئين بأنّنا لم ننتبه إلى وجه الخطأ فيها. ولكنّنا أوّل من يرتاح إلى ذلك.

وتوقُّعُ المستقبل يعني أيضا توقع المشكوك فيه. ويبدو هذا القول وكأنّه يجمع بين عناصر متقابلة، متعارضة، ولكنّه ليس كذلك. وسنعود إلى هذا الأمر لاحقا.

ويتّفق رجال الاقتصاد على الإقرار بأن الازدهار الاقتصادي في المستقبل سيتأسّس على المعرفة العلمية والتجديد والبحث. والفكر حسب رأيهم سيحلّ محلّ المادّة وسيحلّ الافتراضي محلّ الواقع. ولا شكّ في أن رجل الفكر يجد ما يغريه حين يسمع الناس يقولون أنّ القرن الحادي و العشرين سيشهد هيمنة الثروات اللامادّيّة المجرّدة وتعويضَ مناجم المواد الخام بمناجم المادّة الفكرية أو مناجم الذكاء. وأنّ الخيال العلمي هو الذي سيفتح وحده باب المستقبل وأنّ الفكر سيفرض نفسه على المادّة. وهذه الرؤية إن هي في حقيقتها إلاّ امتداد في كلّ الاتجاهات لإحدى مراحل المغامرة الإعلاميّة التي هيمنت فيها البرامجيات (الحاسوبية) على المعدّات (الحاسوبية) ووجد الخوف من المستقبل ملاذا له في الافتراضيّ ومهربا من واقع تحفّه الشكوك والرِّيَبُ. ولكن أليست هذه الظاهرة من الأسباب الأولى للأزمة المالية والاقتصاديّة التي نعيشها ؟ ألن تحصل –عكس ذلك– عودة شاملة قويّة للواقعيّ ؟ وربما يمكن أن يحدث عكس هذا السيناريو تماما إن نحن راعينا ما تتّسم به أسعار البترول والمواد الخامّ من التذبذب والتأرجح. ولكنّ الازدهار الاقتصادي الذي حقّقته بعض القوى العالمية الجديدة كالصين والهند والبرازيل والمكسيك وعدد السكان في كل واحدة منها مرتفع جدّا ألن يقيم من جديد اقتصادَ الثروات والمقتنيات المادية ؟ وموارد المواد الخامّ والمعادن والمواد المولدة للطاقة وهي تصبح في كلّ يوم أندر فأندر، ألن تكون من جديد هي الرهان الاقتصادي الأوّل؟ وإدارة كوكبنا وهي تعني الاستعمال الحكيم للموارد والمحافظة على كبريات «التوازنات» على مستوى الكوكب. أليست على جدول

الأعمال ؟ والمنتجات اللازمة للتجهيزات المنزلية ألن تتطلّب قفزات تكنولوجيّة «أساسيّة» جديدة ؟ تنجرّ عنها مطالب جديدة تتعلّق بالحدّ من الإنفاق في الطاقة والحدّ ممّا ستتسبّب فيه هذه القفزات من الأضرار والتلوّث والنفايات ؟ وسيدعونا ذلك إلى بذل المزيد من الجهود لمعرفة كوكبنا وكيفيّة عمله وأزماته ونزواته وموارده أيضا وحدود هذه الموارد بوجه خاصّ. وازديادُ الكثير من المليارات من الأفراد إلى عدد سكّان العالم في السنوات القادمة ألن يبسط القضايا الفلاحيّة في المقام الأوّل من التطوّر الاقتصادي ؟

وسنحتاج إلى الكثير من المعرفة والكثير من الخيال لإدارة بيئتنا على نحو يسوق إلى إحلال تناسق حقيقي بين الإنسان والطبيعة. ولن يتحقّق ذلك بتوسيع الافتراضي إلى ما لا حدّ له بل بالتجديد المنغرس بصلابة في الواقع. ولا شكّ في أن الاستعاضة عن العلاقة القديمة التي تربطنا بالموادّ الأولية والمتمثّلة في أن آخذ وأن أستهلك وأن أرمي بمبدأ الرسكلة المعمّمة التي لا تضيّع أيّ شيء بل تحوّل كلّ شيء إلى منتجات أخرى لا شكّ في أن ذلك يستدعي الكثير من الجهد ومن الخيال. ولكنّ العقليات كالممارسات يمكن أن تتطوّر في الاتجاه الصالح. ولكن في أيّة سرعة سيتمّ ذلك ؟

إنّ التقدّم الخارق للعادة الذي حقّقته البيولوجيا منذ أن اكتشفت قوانين الوراثة إلى أن طوّرت علوم المخ سيتطلّب، زيادة على التمكّن من الميدان الافتراضي، كفاءة تجريبيّة صلبة وتفكيرا أخلاقيّا سيضع موضع الشكّ قواعد منظومتنا الأخلاقيّة التقليديّة. والحياة هذه المغامرة الرائعة التي لا نفهمها والتي رغم ذلك تستأهل أن نذهل لها ونفتتن بها ستُـدرس بوسائل تقنية وفكرية ومفهومية لا مثيل لها في السابق من التاريخ. من ذلك أن علم الوراثة سيتدخّل في الحياة اليومية. ونحن

اليوم في صراع مع المحرّمات التي تخصّ الولادة والإنجاب وغدا سيطالعنا من جديد علم تحسين النسل وستُبسط للنقاش ظاهرة الموت ومع هذا وذاك سنخوض في ما لهما من النتائج الاجتماعيّة والدينيّة والسياسيّة.

والمخ الذي ربما يكون أكثر الأنظمة الطبيعيّة تعقيدا بعد الكون سيقع استكشافه بوسائل ما كان يمكن تصوّرها منذ عشرين سنة فقط. فهل سنتمكّن من فهم مصدر المشاعر والتفكير عندنا وعند الآخرين ؟ وهل سنتمكّن من إشفاء أمراض الأعصاب ؟ وهل سنقوى على التأثير في المخ ؟ والجواب عن هذه الأسئلة يثير الكثير من المخاوف ومن الآمال أيضا.

ولاستكشاف هذا المستقبل المحفوف بالشكّ والريبة قد لا يتّفق لنا منهج أحسن من فحص الصّيرورة التاريخيّة على أن نعمد انطلاقا منها إلى التقدير الاستقرائي المنطقي بدون أن نتعسّف أو ندّعي امتلاك اليقين. فالأحسن أن نترك الأبواب مفتوحة على العديد من التطوّرات الممكنة ؟ إنّ المستقبل موضع شكّ كبير جدّا ولا بدّ مع ذلك من الاستعداد له. ذلك هو التحدّي المستحيل الذي يمثّل موضوع هذا الكتاب.

وسنستعرض في مرحلة أولى على نحو موجز التطوّرات العلميّة والتكنولوجيّة التي ميّزت القرن العشرين وسنحرص على إظهار الخيوط المحرّكة لها والتذكير بالملابسات التي يسّرت الاكتشافات الرئيسيّة وبيان اتّسامها في الغالب العام بطابع الفوضى وكونها غير متوقّعة مع الإشارة إلى الصعوبات. فهي دائما موجودة وهي التي تُجلي وتظهر ما يسمّيه «توماس كون» Thomas Kuhn النماذج الجديدة.

وبدون هذا التذكير قد لا نفهم جوهر التطوّر العلمي الذي يمكن توقّعه لهذا القرن الواحد والعشرين فقط. فقد لا ندرك أيضا حدود هذه التوقّعات.

وبعد ذلك سنعرض للقرن الواحد والعشرين وسنعمل على تجنّب نفس النبيّ وسنطرح بعدئذ «المشاكل الكبرى» التي سيواجهها عالمنا المقبل. ولن أقدم حلولا ولكنّي لن أخفي ما أفضّله وأميل إليه. لقد أردت أن أقدّم كشفا عن المستقبل، عن مستقبل أؤمن إيمانا راسخا أنّه رهنك أنت ورهنكم أنتم. هو رهننا جميعا ورهن خصلة الإنسان الجوهريّة وهي قدرته على التكيّف.



الفصل الأوّل

علوم المادّة

هل انتهت ملحمة القرن العشرين الكبرى ؟

لا تبتسم الصّدفة إلّا للأذهان المستعدّة لها

باستور

يحبّ أهل العلم النظام والمنطق. وحين يعرضون صيرورة العلم يقدّمون مراحلها وما أحرزته من سبق وتقدّم على أنّها سلسلة من المقاطع المنطقيّة المتتابعة المنظّمة. ويحسن أن تعلموا أنّ هذا التقديم هو خدعة بيداغوجيّة خالصة. إنّ ذاك المسعى ليس صحيحا وإن كان عمليّا وأنيقا. إنّ تقدّم العلم ليشبه ريادةَ غابة استوائيّة. فالاكتشافات الجديدة تظهر على غير سابق توقّع لها. وقد تكون فجئيّة وقد تظهر على عكس ذلك بكيفيّة بطيئة بحيث لا يمكن أن نضع لها تاريخا دقيقا. والأحداث تتكدّس والشروح تتوالى وقد تكون أحيانا متناقضة في ما بينها. وتتعاقب الحقائق قصيرة العمر ثمّ بين الحين والآخر وبعد المسيرة العمياء العنيدة يظهر النّور. وأحيانا قد يعكف بعض ذوي الفكر الجسور على هذا الركام الكثيف ويقتطعون منه

ملاحظات وتجارب على نحو يكوّن منها مجموعة منظّمة متماسكة وغالبا ما يكون ذلك بالمقارنة بين حدثين أو نظريتين تبدوان لأوّل وهلة متباعدتين. ونودّ لو أمكن أن نتكهّن بالقادم من الاكتشافات العلميّة. والحال أنّ المهيمن على هذا الميدان هو ما لا نتوقّعه. والعبارات من نوع « ونتيجة لذلك» و «بالتّالي» و «ينجرّ عن ذلك» يصحّ استعمالها في القاعات المدرسيّة لا في واقع البحث العلمي.

وحين تظهر نظريّة جديدة أو مفهوم جديد سيجد صعوبة كبيرة حتّى يفرض نفسه، لأنّه يضايق النظامَ الفكري القديم. وقد يفرض نفسه أحيانا بكيفيّة بطيئة جدّا أو بعد أجل طويل. ثمّ تأتي بعدئذ مرحلة تُستخلص فيها من النموذج الجديد كلّ الخلاصات. وتتّبع هذه المرحلة في سيرها مسلكا يمكن التكهّن بتطوّراته إلى حدّ مّا. ولكنّ المرحلة المعنيّة ستكون رغم ذلك مليئة بالخيال وبغير المتوقّع. تلك هي رؤية توماس كون المختصّ في مبادئ العلم[2].

ومازال هذا الاكتشاف الجديد في حاجة إلى مزيد من الوقت حتّى تسنح للمهندسين فرصة استغلاله وتحويله إلى ابتكار مفيد. وفي ما بين نهاية القرن التاسع عشر و 1930 سيتغير وجه الفيزياء تغيرا كاملا. وربما يمكن أن نقول أنّ العلم كلّه تقريبا قد عرف هذا التغير وكذلك التكنولوجيا. وفعلا ستقع ريادة ما كنّا نظنّ أنّه يستحيل الدخول إليه، وهي المادّة.

وتمتدّ الأطوار الأساسيّة لهذه الثورة في ما بين 1895 و 1915 وهي متداخلة بسبب التفاعل بين ما أفرزه بعضها من النتائج وبين المنهج المتّبع في بعضها الآخر. وحرصا منّا على ضمان الوضوح لهذا العرض لن نتتّبع التطوّر التاريخيّ خطوة

2 - Thomas Kuhn : La structure des révolutions scientifiques. Paris 1983- Flammarion.

خطوة، ولكنّنا سنعمل على إبراز المنطق المميّز لكلّ ملحمة وكلّ قصّة. فذلك هو الأجدى. والإعلام والإيضاح خيرٌ من متابعة التاريخ يوما يوما.

الإلكترونات و الذرّات

في نهاية القرن التاسع عشر أبدى الفيزيائيون اهتماما كبيرا بمسألة أساسيّة وهي: هل تنقل الغازات الكهرباء ؟ وكيف يتمّ ذلك ؟ والفاتح لهذا الدّرب هو عبقريّ الفيزياء التجريبيّة في القرن التاسع عشر «ميخائيل فاراداي» M.Faraday. والعنصر الجوهريّ في هذا البحث هو الأنابيب المفرَغة تماما من الهواء تقريبا التي تجعل الكهرباء يمرّ منها. وهي الأجداد الأوائل لأنابيبنا الحديثة المشحونة بالنّيون. وكان الجواب إيجابيّا : إذ يمكن للغازات فعلا أن تنقل الكهرباء.

وعن هذه الملاحظة ستنشأ إحدى أعنف الخصومات في تاريخ العلم وأكثرها نفعا أيضا. وقد اتّخذت شكل تنافس وطني، إذ جمعت بين الفيزيائيين الألمان من جهة والفيزيائيين الأنجليز وبعض الفرنسيين من جهة ثانية.

بدأ الأمر سنة 1892 حين أعلن الألماني «هارتز»، وهو الذي تحيط به هالة من العظمة لاكتشافه موجات الرّاديو، أنّ انتقال الكهرباء في الأنابيب المفرغة من الهواء يقع بواسطة الموجات الكهرطيسيّة.

وفي سنة 1895، بين الشاب الفرنسي «جان برّان» J.Perrin الّذي يعمل بدار المعلمين العليا أنّ الضّوء المغبـرّ الشبيه بالضّوء الصادر اليوم من أنابيب النّيون ينحرف بفعل الحقول المغناطيسيّة ممّا يعني أنّ هذه الظاهرة تتدخّل فيها جسيمات كهربائيّة مشحونة. وتابع «جوزيف جون طمسون» J.J.Thompson وهو أستاذ بجامعة كمبريدج عمل « جان برّان». ولكنّه تجاوزه بخطوة حين قاس سنة 1897

قيمة الشحنة الكهربائيّة إن قسمناها على كتلة هذه الحبّات الكهربائيّة، وفي ذلك اكتشاف جوهريّ. إنّه الدليل على أنّ انتقال الكهرباء يتمّ بواسطة هذه الجسيمات الكهربائيّة التي نسمّيها : الإلكترونات.

إنّ هارتز والألمان على خطإ ! ليس الكهرباء موجات بل جزيئات. إنّها الثورة. ومنذ تجارب فولتا Volta (1745–1848)[3] في بداية القرن التاسع عشر ساد الاقتناع بأنّ الكهرباء ينتقل كالمواد المائعة، ثمّ أعلن الألمان أنّه ينتقل على شكل موجات وها هم الفرنسيون والإنجليز يبيّنون الآن أنّه يتركّب من جسيمات كهربائيّة. كم كان مسلك الكهرباء متعرّجا !

الـــذرّات

ومن الطبيعي أن يشمل التّساؤل المادّة أيضا. ألا تكون هي الأخرى متكوّنة من وحدات مجهريّة صغيرة ؟ وعادت فكرة الذرّات التي بسطها منذ 2300 سنة المفكّر اليوناني ديمقريط إلى الساحة، وهو يرى في الذرّة أصغر جزء من المادّة. ومنذ ذلك الحين أصبحت هذه القضيّة موضوعا لخصومات كبيرة جعلت التفكير الديني والتفكير العقليّ (A.Comte) يتّفقان في رفضهما الباتّ لها، إذ يرى رجال الدّين الفرنسيّون أنّ مبدأ الذرّات يتعارض مع تحوّل الخبز والخمر إلى جسد ودم المسيح. أمّا المفكّرون الوضعيون فيحتجّون بأن الذرات لا تُرى بالعين المجرّدة فهي بالتالي غير موجودة.

---

3 - اكتشف الكسندر فولتا مبدأ البطارية الكهربائية باستعمال صفيحتين معدنيتين، واحدة من الزنك والأخرى من الفضة. وهما تحيطان بخرقة مبللة، ويربط بينهما سلكان. وهو أوّل من أجرى تجارب على الكهرباء. وتشريفا له سميت وحدة الضّغط باسمه Volt.

ثمّ خطا «طمسون» J.J.Thompson الخطوة الحاسمة وأعلن أن الالكترونات هي المركّبات للمادّة وأنّها هي التي تتكوّن منها الذرّة. والمادّة بالتالي هي التي تنقل الكهرباء أو إن شئنا قلنا إنّ المادّة تشتمل على الكهرباء.

وتصوّر هيكلا للذرّة، فإذا هي في نظره كرة معبّأة بالكثير من الالكترونات وتصوّر أنّ لها غلافا خارجيّا وهو بمثابة غشاء تتوزّع عليه أعداد متفاوتة من الثقوب، وشحنته الكهربائيّة موجبة وهي التي تُـحيّد الالكترونات لكونها ذات شحنة سالبة، وهذه الرؤية الجديدة التي ترى أنّ المادّة تتركّب من ذرّات تتمتّع بخصائص كهربائيّة وأنّ الذرّات نفسها تتكوّن بدورها من وحدات صغيرة تدعم دعما كاملا الفيزياء الإحصائيّة التي تصوّرها النمساوي «لودفيك بُلتزمان» Ludwig Boltzmann [4] الذي اختار أن ينتحر لأنّ أعماله لم تحظ بالقبول المقدّر لقيمتها من قِبل الأسرة العلميّة في عصره، إنّ الاتجاه العام لم يكن في صالحه.

والكهرباء تنتج عن حركة حبيبات كهربائيّة صغيرة جدّا هي الالكترونات والمادّة مؤلفة من وحدات صغيرة جدّا هي الذرّات. لقد ساد الاعتقاد بأنّنا نعيش في عالم متواصل أملس مائع ولا اصطدامات فيه. وها نحن نكتشف أن ذلك لم يكن إلا وهما. إنّ العالم هو الجمع، وحالما نقترب من البنية الدقيقة للأشياء نجد أنّ كل شيء مقسّم ومقطّع إلى مركّبات أوّليّة، وليست الطبيعة التي ندركها إلاّ تراكما لعدد كبير من وحدات مستقلّة، متمايزة. إنّ الجمع بين المليارات من العناصر هو الذي يسيطر على الطبيعة، وذلك يتّفق مع ما رآه «بولتزمان» في فيزيائه الإحصائيّة.

---

4 - (1844-1906) هو عالم نمساوي، ويعتبر مؤسس الفيزياء الإحصائية وأحد أكبر العلماء على مرّ العصور.

الأشعّة السينيّة والأشعاع الذري

لم يقتنع العلماء الألمان بتجارب «برّان» و «طومسون» التي بيّنت أنّ الكهرباء المتنقّل في أنابيب النيون يتركّب من جسيمات. وواصلوا إجراء التجارب، وهدفهم الثابت إقامةُ البرهان على الطّبيعة المَوجيّة في الكهرباء. وبينما كان أحدهم وهو «رُنتجان» Röntgen يباشر إحدى التجارب لاحظ أنّ الهيكل العظمي لأصابع يده كان يظهر على شاشة لاصفة وُضعت صدفة هناك لأغراض أخرى. هكذا وبمحض الصدفة اكتشف أشعة جديدة سمّاها الأشعّة السينيّة، ولم يفهم أحد طبيعتها (إلا بعد 12 سنة)... ولكنّها استُعملت فورا في الطبّ وأصبحت قاعدة الثورة الثّانية (بعد تشريح الجثث الذي مثل الثورة الأولى). لقد كان ذلك سنة 1895.

وفي الآن نفسه عكف «هنري بكّرال» Henri Becquerel وهو أستاذ بالمتحف (Muséum) على حلّ هذا اللغز، حلّ طبيعة هذه الأشعّة. وتأثّر بوالده الذي عمل طويلا على ظاهرة اللصافة (أو التّفَلْوُر) فدفع بأبحاثه إلى هذا الاتجاه. فاكتشف عندئذ صدفة أن معدن الأورانيوم الموضوع على الطاولة يعتّم اللوحة الفوتوغرافيّة الحسّاسة للضوء كما تفعل الأشعّة السينيّة. فاعتبر ذلك من باب اللّصافة، لأنّ المعدن يتلقّى في النهار نور الشمس ثمّ يصدره في اللّيل إشعاعا.

وفجأة ساء الطقس في باريس، واختفت الشمس إلاّ أنّ الأورانيوم لم ينقطع عن تعتيم اللوحة الحسّاسة، إذن فليست اللّصافة النّاشئة عن إنارة معدن الأورانيوم هي التي تعتّم اللوحة الفوتوغرافيّة. إن معدن الأورانيوم نفسه هو الذي يُصدر أشعّة، ذلك هو الإشعاع الذّريّ. لقد كان الطريق الموصل إلى هذا الاكتشاف كثير التعرّج والالتواء ! فقد رأينا تباعا أنابيب النيون والهيكل العظمي ليد رُونتجان

ودور كميّة من الأورانيوم وضعت صدفة على الطاولة التي تُحفظ فوقها اللوحات الحسّاسة وأخيرا الأحوال الجويّة المتقلّبة، ونقفل ذلك بمعدن يصدر أشعّة !.

نحن الآن في سنة 1897 وقد اعتبرت أكاديميّة العلوم في باريس أنّ ما حدث هو أغرب ظاهرة تمّ اكتشافها. وأمّا الجمعيّة الملكيّة بلندن وهي ذات نزعة وطنيّة لا تخلو من التطرّف، فقد رفضت هذا الاكتشاف بكلّ بساطة.

وبمساعدة أسرة « كوري» Curie المتركّبة من « بيار» Pierre و تلميذته الشابّة «ماريا سكلدوسكا» Marie Sklodowska بسط «بكـّرال» فكرةً مؤدّاها أنّ الذرّات في بعض العناصر الكيميائيّة يمكنها أن تتحوّل تلقائيّا إلى ذرّات أخرى في عناصر أخرى وتصدر آنذاك أشعّة سينيّة. أمّا لماذا وكيف يحدث فلا جواب لنا عنه. وكانت معرفة العلم لطبيعة تلك الأشعّة محدودة ضعيفة، إلا أنّه من البين أنّ هذه الأشعّة متنوّعة بدليل أن الحقل المغناطيسي يقضي على بعضها بالانحراف في اتجاه معين وعلى بعضها الآخر بالانحراف في اتجاه معاكس. ومنها قسم ثالث لا يتأثّر بهذا الحقل، فما هي العلاقات الرابطة بين هذه الخصائص الغريبة المتّصلة ببعض المواد الكيميائيّة ذات القرابة مع الأورانيوم وبين الالكترونات والأشعّة السينيّة والأنابيب المفرغة من الهواء. والبادي لأوّل وهلة أنْ لا علاقة بينها. وفي ذلك ما يزيد اللّغز غموضا. وها هم الانجليز والجمعيّة الملكيّة يمعنون في إنكارهم لهذه الظاهرة إلى حدّ أنّهم يتّهمون الفرنسيين بالتضليل العلمي تقريبا.

من كان يتصوّر أنّ الرّصد الذي جرى في أوّل الأمر على حصاة صفراء في أحد ملحقات حديقة النباتات هو الذي ستخرج منه أسرار البنية الدقيقة للمادّة والقنبلة الذريّة والمركزيات النوويّة ؟ لو كانت توجد إذ ذاك لجان عتيدة تتركّب من أبرز علماء العصر وتسهر على إسناد اعتمادات البحث فهل كانت ستساعد

«بكّرال» وأسرة « كوري» ؟ الأرجح أن لا. فقد كان التيّار الغالب في عكس اتجاههم. ولو طلبنا رأي الانجليز لكان الموقف أكثر سوءا !. إنّ بحوثهم تكذّب كلّ الأفكار السائدة وقلّة هم الفيزيائيون الذين كانت لهم الشجاعة على إتباعهم ومساندتهم علنا. صحيح أن الأمر كان محلّ نقاش في أكاديميّة العلوم إلاّ أن كلّ واحد كان يحرص على أن لا ينضمّ إلى هذه المغامرة. وكذلك هو قدر المجدّدين: أن يبقوا في عزلة !

النواة الذريّة وبنية الذرّة

أمّا المرحلة الحاسمة الثالثة فسيكون الفيزيائي النيوزيلندي «ارنست روثرفورد» E. Rutherford (1871-1937) هو الفاعل الرئيسي فيها. فقد أقرّ بوجاهة العمل الذي أنجزته أسرة كوري وأقنع العلماء الانجليز بواقع الظاهرة الإشعاعيّة. وقد أصبح هو المدير لمخبر كافنديش الممتاز في جامعة كمبريدج بإنكلترا بعد أن عمل بجامعة «م س.مجيل» Mc Gill في مونريال ثمّ بجامعة منشستر. وهو الذي سيجد الرّابط بين النتائج المتأتّية من أنابيب النيون واكتشاف الالكترون والإشعاع الذري. واستعمل في ذلك الجسيمات التي تصدرها المواد المشعّة واتّخذ منها قذائف قصف بها ورقة من الألمنيوم رقيقة جدّا. فاكتشف أن بعض الجسيمات تخرق الورقة وتتعرّض أثناء ذلك لبعض الانحراف وأن البعض الأخر يرتدّ. واستنتج من ذلك أن المادّة تحتوي على نوى صلبة لا تترك الجسيمات الإشعاعيّة تخرقها بل تردّها على أعقابها وقد اكتشف بذلك نتيجةً ومنهجَ عمل في نفس الآن.

وتتمثّل النتيجة المباشرة في اكتشاف نواة الذرّة. والنّواة هي التي تحمل الجزء الأكبر من كتلة الذرّة. أمّا المنهج فيتمثّل في إقامته لأوّل جهاز تجريبي لدراسة المادّة ونعني قَـنبَلتَـها بعدد من الجسيمات وفحص ما يحصل من النتائج. وهكذا

اكتشف سنة 1910 النّواة. وفي سنة 1916 كسّر النوّاة بدورها إلى عدّة قطع. وهذه التقنية التي تتجسّم في قـنبلة المادّة بقذائف من الجسيمات، وتكسيرها ودراسة النتائج هي التي سيعتمدها الفيزيائيون، منذ سنة 1916 إلى اليوم، لدراسة العالم اللامتناهي الصّغر وإجلاء البنية الدقيقة للمادّة. وهو نفس المبدإ المستعمل اليوم في المسرّعات العملاقة للجسيمات ومنها ذاك الموجود في المركز الأوروبي للأبحاث الـنوويّة بـجـنـيف.

واكتشاف النواة الذريّة سيسمح لــ «روثرفورد» سنة 1911 بهدم النموذج الذي قدّمه طمسون واقتراح نموذج جديد للذرّة. وفعلا تصوّر هذا العالم الذرّة على هيئة نظام شمسي مجهريّ، تنهض في مركزه نواة ثقيلة مشحونة إيجابيا بالكهرباء (هي شمس الذرّة) ومن حولها تدور الالكترونات، وهي ذات شحنة سالبة (هي الكواكب المجهرية). و «روثرفورد» الذي كان من المفترض أن يكون اسمه مشهورا شهرة اينشتاين وأن ينال جائزتي نوبل في الفيزياء فإنّه لم ينل إلا جائزة واحدة في الكيمياء، روثرفورد هذا هو الذي خطت بفضله الفيزياء خطوة عملاقة[5].

إنّ نموذج «روثرفورد» الذرّيّ يمثّل لحظة متميّزة في الفكر العلميّ. إننا لنظنّ أنّنا اكتشفنا الإناء المقدّس الذي تناول فيه المسيح الحساء الأخير. ويبدو أنّ الطبيعة تخضع لقوانين كونيّة. إنّ النموذج الكوكبي كونيّ، ولذلك تشكّلت الذرّة والنظام الشمسيّ حسب نفس القوانين، ونعني مركزا قويّا تدور من حوله توابع صغيرة. إنّ الله موجود، وقد خلق العالم المرئيّ والعالم المجهريّ باعتماد نفس النموذج، ولكنّ هذه الفرحة العارمة لم تدم. و «روثرفورد» فيزيائي متميّز جدّا، فقد أدرك

5 - اينشتاين : هو نفسه كان يجب أن يحصل على ثلاث جوائز نوبل بدل الجائزة الوحيدة التي نالها على تأويله لمفعول الظاهرة الكهرضوئيّة.

بنفسه إنّ نظامه وإن كان على هذا النسق الأنيق فإنّه يخرق قوانين الفيزياء وخاصّة منها القوانين الكهرطيسيّة التي اكتشفها «ماكسويل» Maxwell وذلك لأنّ القوّة التي تشدّ الكواكب إلى الشّمس هي الجاذبيّة. أما هنا فالقوّة الكهرطيسيّة هي المعنيّة وتقضي قوانين «ماكسويل» على الالكترون الذي يدور حول النواة بأن يفقد جزءا من طاقته ويتّـبع خطّا حلزونيّا ليسقط على النواة ويلتصق بها. وفي ذلك الظرف، حوالي 1910-1911 ظهر على الساحة شابّ دانماركي، إنّه الفيزيائي «نيلس بوهر» Niels Bohr [6]. وقبل أن نورد مغامرته لنعدْ إلى الوراء بمقدار عقد من الزمن تقريبا.

الكمّ الطّاقيّ

حاول «ماكس بلانك» Max Plank [7] أن يشرح رياضيّا اختلافات لون الضوء حين نسخّن أيّ جسم (من ذلك مثلا الصفيحة المعدنيّة التي تمرّ عند تسخينها من الأحمر الغامق إلى الأبيض حين ترتفع حرارتها) وبسط أثناء ذلك نظريته التي ترى أنّ الطاقة مقسّمة إلى رزمات أو إلى كمّات كما يقول. واعتبر أنّ هذه النظرية هي حيلة حسابيّة تسمح له بأن يشرح نظريّا تجارب وملاحظات زميله «فين» Wien. وهو ليس مؤمنا كلّ الايمان بأنّ نموذجه يمثّل واقعا فيزيائيّا فعليّا، إلاّ أنّه يعتبره خدعة ميسّرة للحساب.

6 - نيلس بوهر (1885-1962) هو فيزيائي من الدانمارك، وهو من أبرز بناة الفيزياء الحديثة.

7 - ماكس بلانك: (1858-1947) هو فيزيائي ألماني نال جائزة نوبل سنة 1920 وهو أول من خطر له أنّ الطاقة متكوّنة من حزمات طاقيّة منفصلة هي الكمّات. وضع هذه النظرية سنة 1900 وانطلاقا من ذلك سيقع الحديث لاحقا عن الميكانيكا الكميّة.

ولكنّ «ألبار اينشتاين» استعمل هذه الفكرة سنة 1905 ليشرح المفعول الكهرضوئيّ. وكان إذ ذاك موظّفا مغمورا في مكتب براءات الاختراع ببرن Berne وقبل ذلك كان طالبا متوسّطا في معهد التقنيات المتعدّدة «بولتكنيك» بزوريخ. والمفعول المدروس هو ظاهرة «صغيرة» كان يعتبرها جميع فيزيائيو ذلك العصر أمرا غريبا لا قيمة له. لقد قال بلانك «الطاقة مقسّمة إلى كمّات» وقال اينشتاين : «لنستعمل هذا المفهوم ولنعمّمه» وما كان يعرف عندئذ أنّه يعطي إشارة الانطلاق لثورة الفيزياء الكميّة الكبرى في القرن العشرين.

وهكذا توصّل العلم في بداية القرن العشرين إلى فكرة أنّ الطاقة هي مجموعة من الكمّات وأنّ الكهرباء تنتقل في دفق من الالكترونات وأنّ المادّة مؤلفة من الذرّات. وسيستفيد الشابّ «نيلز بوهر» من كلّ هذه المفاهيم.

الميكانيكا الكمية القديمة

ستكون «النيلز بوهر» جرأة لا حدّ لها يصعب تصوّرها اليوم في عالمنا الذي أصبح فيه الضغط الإعلامي قويّا جدّا. وأصبحت المعلومة العلميّة الصحيحة هي القاعدة التي لا يمكن خرقها. ومجمل ما أعلنه هو التالي: « إنّ نموذج الذرّة الذي اقترحه روثرفورد جميل حقّا إلى حدّ أنّه لا يمكن أن يكون خاطئا. والذرّة تتألّف فعلا من طائفة من الالكترونات تدور حول نواة دون أن تسقط على تلك النواة. وأمّا الخطأ فيكمن في تطبيق قوانين مكسوال على هذه الذرّة». وواصل يقول :

« إنّ القوانين الفيزيائيّة التي تتحكّم في الذرّة تختلف عن تلك التي تتحكّم في العالم المرئيّ الذي يقع لنظرنا. إنّ العالم المجهريّ له منطقه الخاصّ المختلف عن منطق العالم المرئيّ. ونحن بالتالي أمام عالمين مادّيين : ذاك الذي نراه بالعين

المجرّدة. وقد تعوّدنا عليه. وهو الذي درسه الفيزيائيون منذ العهد اليوناني. وأمّا الثاني فهو مجهريّ ويخضع لقوانين أخرى لا نعرف عنها شيئا».

لقد ظننا أنّ الميكانيكا والديناميّة الحراريّة والكهرطيسيّة مكّنتَانا من معرفة كلّ شيء. ولكن ها هو نيلز بوهر يقول سنة 1913 متحدّثا عن الذرّة : يجب أن نبني شيئا آخر. يجب أن نخترع فيزياء جديدة. ولا أتصوّر كيف يمكن أن نواجه اليوم فيزيائيا شابا لم يبلغ الثلاثين يطلع علينا بمثل هذا الموقف [8]!.

وفي هذا البناء الجديد الذي لم يُشيّد منه إلا الجزء الأوّل استعمل بوهر مفهومين جوهريين : الأوّل هو معنى الكمّ الطاقيّ والثاني هو الوصل بين علم البصريات والوثبات الطاقيّة عند الالكترونات. وقد استعمل في ذلك بلانك وكمّاته ولكنّه غير تغييرا جذريّا رؤيته لكيفيّة صدور الضوء. فالضّوء ليس صادرا عن تردّد الذرّات المتباين في قوّته حسب الألوان بل عن قفز الالكترونات بين مختلف مستوياتها الطاقيّة.

ولنتصوّر سلّما للطاقة يحتوي على درجات، وبين الدرجة والأخرى الفراغ. إن الالكترون لا يمكنه أن ينتقل إلا بالقفز من درجة إلى أخرى، ويمكنه أن يقفز نحو الأسفل (طاقة سفلى) إلاّ أنّه مضطرّ في هذه الحال إلى التخلّص من الزّائد من الطاقة بإصدار الضوء. وإن شاء أن يصعد إلى درجة أعلى فلا بدّ من مدّه بالطاقة. والضوء هو الذي يستطيع أن يقدّمها له بإنارته. ويجمل بنا التنبيه إلى أن لعبة التبادل للطاقة هذه بين الالكترون والضّوء هي لعبة دقيقة جدّا وتخضع لقواعد مضبوطة. من ذلك أنّ لون الضوء المنير يجب أن يتناسب تماما مع القفزة الطاقيّة

---

8 - إن لم يكن صاحب المجلّة « فلسفة العلوم» التي نشرت مقالات بوهر الثلاثة سنة 1913 هو صديقه ارنست روثرفورد لكان سيجد عناء كبيرا في نشرها.

التي يجب أن يجتازها الالكترون حتّى يمرّ إلى المستوى الأعلى. وأنت إن أضأت إلكترونا بالضوء الأزرق المعروف بقوّة طاقته في حين أنه يجب على هذا الالكترون أن يحقّق قفزة تناسب الضوء الأحمر فلن يحدث شيء، لأنّ كل لون من ألوان الضوء تناسبه طاقة محددة. ولهذه الطاقة بدورها تردّد الاهتزاز الضوئيّ المناسب لها. وتيسيرا لذلك اقترح نيلز بوهر المعادلة التالية وهي بدون شكّ أهمّ معادلة في الفيزياءالصغرية : وهي :

$$W = h_{v}$$

و W هي الطاقة و v هي تردد الاهتزاز الضوئي و h هي ثابتة وسمّاها باسم بلانك.

وهذه المعادلة اخترعها اينشتاين ليشرح بها المفعول الكهرضوئيّ. وأمّا بوهر فاستعملها لربط التركيبة الدّقيقة للذرّة بطبيعة الضوء. ولن نذكر الأطوار التي مرّ بها وإن كانت شيّقة رائعة لأنّه يشرح في نفس المفهوم تجارب وملاحظات كانت حتّى ذلك العهد متفرّقة. وهي تخصّ الضوء وتحلّـلَه بواسطة موشور. ولم يحتفظ من كلّ ذلك إلاّ بما اعتبره النقطة الأساسية، وهي: الضوء = نتيجة حركة الالكترونات داخل الذرّات. وهكذا أصبحت دراسة الضوء تمكّـن من استكشاف الذرّة. وذلك صحيح جدًا إلى حدّ أنّ الفيزياء الذريّة اليوم تتطابق مع علم البصريات. والكهرباء والذرّة والبصريات وهي التي كانت بالأمس متباينة متمايزة كلّ التمايز ها هي تصبح اليوم عناصر مِنْ تَـمَثُّلٍ واحد للمادّة. يا لها من ثورة حقّا.

ولكنّ هذه الثورة التي أحدثها بوهر تبقى، وإن كانت جديدة كلّ الجدّة، مشبعة أكثر ممّا يجب بالفيزياء الكلاسيكيّة. إنّه لم يقطع إلاّ جزءا من الطّريق. لـقد بقي بين عالمين.

الأمــواج و الــجسيمات : الميكانيكا الـكمية

يحوم الفيزيائيون منذ القرن التاسع عشر حول مفهومين يجمعون بينهما أحيانا ويميلون أحيانا أخرى إلى اعتبارهما متناقضين : وهما الأمواج والجسيمات. وبينما كان نيوتن يرى أنّ الضوء يتألّف من حبيبات صغيرة جدّا تنتقل في خطّ مستقيم أقام «يونغ» Young[9] و «فرسنال» Fresnel[10] نظريّة متكاملة تفترض أنّ الضوء اهتزاز.

وقد سبق أن أشرنا إلى التقابل بين الألمان والانجليز في شأن طبيعة الكهرباء المتنقّل داخل الأنابيب المفرغة من الهواء فهو عند الطرف الأول موجات وعند الطرف الثاني جسيمات. وأمّا الميكانيكا الكميّة التي تكوّنت كامتداد لأعمال بوهر فسنذهب إلى أبعد من ذلك وتعلن أن الأمواج والجسيمات هي شيء واحد وهما مظهران من كيان واحد. فلا داعي إذن للتخاصم.

وفي ذلك تصوّر ثوريّ. وقد وقعت هذه القفزة الجديدة حوالي سنة 1930 (عشرون عاما بعد تجربة روثرفورد التأسيسيّة) واللاعبون الرّئيسيون فيها هم : الفرنسي «لويس دي بروغلي» L.de Broglie والنمساوي «أروين شرودنجير» Erwin Schrodinger والألماني «فرنير هايزنبارغ» W.Heisenberg والانجليزي «بول ديراك» P.Dirac[11] وكلّهم أعلنوا أنّ المركبات الأوليّة للمادّة

9- توماس يونغ : (1773-1829). هو طبيب انجليزي وعالم ممتاز وهو الذي أجرى التجارب الأولى على الضوء، وحلّ رموز الكتابة الهيروغليفيّة.

10 - أوقستان فرسنال (1788-1827) فيزيائي فرنسيّ، طوّر النظرية الموجيّة في الضوء التي سمحت بتفسير ظاهرة التّداخل.

11 - راجع أميليو سقري E.Segré «الفيزيائيون المحدثون واكتشافاتهم. باريس فايار 1984.

الالكترونات والذرّات هي في نفس الآن جسيمات وموجات، هي هذا وذاك معا. وفي هذه الثنائيّة ما يزيد من غموض هذه الموجة – الجسيّم إذ لا يمكن أن نتوقّع أيّ شيء دقيق يخصّ سلوكها. واللّغة الصالحة لوصف العالم اللاّمتناهي الصّغر هي لغة الاحتمالات: فهذه الموجة- الجسيّم مثلا لها النسبة الفلانيّة من الحظوظ في أن تكون هنا ونسبة أخرى في أن تكون هناك والنسبة سين في أن تكون هنا وهناك معا. إنّ التقلّب هو السيّد المهيمن حتّى أنّ « هيزنبارغ» Heisenberg حوّله إلى مبدإ. وهو مبدأ الارتياب الشهير. وهو ينصّ على أنّه لا يمكن أن نعرف في نفس الوقت موقع جُسيم ما وسرعته. ولا بدّ من الاختيار وأنّه لا يمكن أيضا أن ندرس نظاما مجهريّا دون أن يكون ذلك عامل اضطراب فيه. لذلك فإنّ الرصد الموضوعي المحايد الذي يتمّ من خارج النظام مستحيل التحقيق. وقد بسط كلّ ذلك في شكلانيّة رياضيّة راقية قد يعسر بدونها أن نفهم هذا المبدأ. إنّها ثورة فعلا. وحتّى بعد الحرب العالمية الثانية رفض الكثير من الفيزيائيين هذه الميكانيكا الكميّة، واعتبروها من قبيل العلم الباطنيّ ورأوا أنّها تجفو الصواب والمنطق. ولذلك لم تدخل إلى البرامج الجامعيّة الفرنسيّة إلا في الستينات أي بعد ثلاثين سنة من اكتشافها.

واينشتاين نفسه، وهو الذي تسبّب في انطلاق هذه الحركة بشرحه للمفعول الكهرضوئيّ، لم يستطع أبدا أن يتبنّى هذه الرؤية للكون. لذلك قال : « إنّ الله لا يلعب زهر النرد» فردّ عليه بوهر : « ومن أدراك بصحّة ما تقول ؟ » وقد يحتجّ القارئ بأن كل هذا البناء ينهض على مفهوم الموجة-الجسيّم المستعصي على الفهم، وكيف يمكن للجسيم أن يكون هنا وهناك معا. إنّ ذلك ليبدو مستحيلا، ولا يمكن فهمه.

الشّرح و الفهم

وليس جديدا كلّ الجدّة أن لا يفهم المرء الفيزياء، فهي حقّا نشاط ذهنيّ مدهش. وهي تستعمل مفاهيم قويّة جدّا دون أن تفهم جوهرها. فما هي الطاقة مثلا ؟ وكيف يمكن تعريفها ؟. وفي هذا الصدد أعلن الفيزيائي الأمريكي البارز «ريتشارد فاينمان» R.Feynman[12] سنة 1970 « الطاقة هي لغز الفيزياء الكبير» ورغم ذلك نعرف أنواعا مختلفة منها كالطاقة الميكانيكية والطاقة الكهربائية والطاقة الحراريّة والطاقة الكيميائيّة. ونعرف أنّه يمكن تحويل أيّ واحد منها إلى الآخر. وأنّه يوجد مبدأ هامّ هو مبدأ بقاء الطاقة، ونكتب معادلات رياضيّة تسمح بضبط مقدار الطاقة، فنكتب للطاقة الحركيّة مثلا أنّها تساوي :

$$\frac{\text{الكتلة} \times \text{السّرعة}^2}{2}.$$

وكذلك هي الحال بالنسبة إلى الميكانيكا الكميّة وفي شأنها هي أيضا قال «فاينمان» : « لا أحد يفهم الميكانيكا الكميّة، إنّها تشتمل على قواعد. ونحن نطبّقها. والأمور تسير على أحسن وجه والمحاولات العديدة التي حاولت إثبات قصورها فشلت. وهكذا فإنّنا نفسّر بها كلّ شيء رغم أنّنا لا نفهمها فهما جيّدا، ولكن هل الفهم هامّ إلى هذا الحدّ ؟ ».

12- ريتشارد فاينمان : (1918-1988) هو أحد أكبر الفيزيائيين في النصف الثاني من القرن العشرين. وهو أحد واضعي علم الكهردناميّة الكميّة. نال جائزة نوبل للفيزياء سنة 1965).

النّسبيتان

وأمّا القفزة الكبرى الثانية في مجال الفيزياء النظريّة الحديثة فيعود الفضل فيها إلى اينشتاين : وتتمثّل في نظريّة النسبيّة، ويجمل بنا أن نقول نظريّتي النسبيّة لأنّه توجد اثنتان : النسبيّة المحدودة والنسبيّة العامّة. ونحن مدينون بهما لاينشتاين وإن وجب أن نعترف بأهميّة الأعمال التي أنجزها «هايندريك لورانز» H.Lorentz[13] و «هنري بوانكري» H.Poincaré[14] في ميدان النسبيّة المحدودة وتلك التي أجراها «دافيد هلبرت» D.Hilbert في مجال النسبيّة العامّة[15]. والنسبيّة المحدودة هي الترجمة النظريّة لظاهرة نعرفها جميعا وهي كون الحركة نسبيّة دائما. من ذلك أن الراكب في قطار يسير بنفس السرعة يبدو له أن لا شيء يتحرّك في ذاك القطار ويمكنه بالتالي أن يتناول طعامه بكلّ هدوء إلاّ أنّه يكفيه أن ينظر من النافذة حتّى يرى أنّه هو نفسه يتحرّك بالنسبة إلى الأرض من حيث هي علامة ثانية وأنّه في حالة استقرار بالنسبة إلى القطار من حيث هو علامة أخرى. وبالاستناد إلى هذه الملاحظة البسيطة وإلى كون سرعة الضوء ثابتة مهما كانت نقطة الاستدلال التي تتّخذها تيسّر لاينشتاين أن يضع نظريّة النسبيّة المحدودة، وذلك سنة 1905، وفي ذلك ما يدعو إلى التعجّب

13- هايندريك لورانز (1853-1928) : هو فيزيائي هولندي وكان له دور هامّ في المرور من الفيزياء الكلاسيكيّة إلى النسبيّة والفيزياء الكميّة.

14- هنري بوانكري (1854-1912) : فيزيائي ورياضي فرنسي، لن نأتي على مساهمته في العلم إلا بكتابة كتاب كامل.

15- دافيد هلمبرت (1862-1943) : رياضي ألماني طوّر أدوات رياضية مفيدة في الفيزياء.

وبفضله توصّل شيئا فشيئا إلى اكتشاف معادلته الشهيرة :

الطاقة = الكتلة x سرعة الضوء²

ومعنى ذلك أنّ الكتلة والطاقة ليستا نفس الشيء ولكنّ الواحدة منهما يمكن أن تتحوّل إلى الأخرى. وانطلاقا من ذلك استطاع العلماء أن يصنعوا بطاريات ذريّة لإنتاج الكهرباء وقنابل ذريّة. ولكنّ اينشتاين بسط خاصيّة أخرى مذهلة : وهي أنّ الزمن نفسه نسبيّ. فهو في جوهره ليس مختلفا عن الإحداثيات المتعلّقة بالفضاء أي تلك التي تمكّننا من تحديد مواقعنا فيه. ولا شكّ في أنّ ذلك مدهش. فنحن نعيش إذن في عالم رباعيّ الأبعاد. وهي أبعاد متساوية في قيمتها وتخصّ ثلاثة منها الفضاء، بينما يخصّ الرابع الزمن. وهذا أيضا يصعب أن يستسيغه الصواب.

وأمّا النسبيّة الثانية، وقد اهتدى إليها سنة 1916، فلا تهتمّ بالحركة المتماثلة بل بالحركات العنيفة البطيئة أو المسرّعة. من ذلك أنّنا لا ننتبه حين نكون في المصعد إلى كون سرعته متماثلة أمّاحين يتوقّف أو يزيد في سرعته فإنّنا ندرك ذلك فورا. وقد سعى اينشتاين إلى فهم السبب في ذلك. وبين أنّ الكتلة تغير شكلَ المكان-الزمان. فهي مثلا يمكنها أن تؤثّر في مسار أشعّة الضوء. وتمثّل هذه النظرية إحدى قواعد علم الفلك الحديث. ويمكن إثبات هذه النظريات رياضيًا وبالانطلاق من ملاحظات ماديّة فعليّة أو من تجارب معيّنة ومن تجارب ذهنيّة أيضا.

ورغم ذلك رفضت أغلبيّة الفيزيائيين في العشرينات نظريّة النسبيّة ولذلك وجدت الصحافة في قدوم اينشتاين إلى فرنسا سنة 1922 ذريعة لتشنّ عليه حملة عنيفة، ومن بين العلماء كان «بول لنجوفان» Paul Langevin هو الوحيد

الذي تجرّأ على الدفاع عن هذه النظرية[16]. وكان بالإمكان أن تقرأ إذ ذاك في الصحف مثل هذه الجملة السخيفة الحمقاء : «يستحيل على الأم أن تكبر وتعظم خارج الزمان والمكان. وفكرة الوطن تتركّب من الإيمان المطلق بهذه الثنائيّة». ولم تكن المعارضة للنسبيّة أقلّ حدّة في ألمانيا. إذ نشر العديد من الفيزيائيين البارزين، سنة 1928، نصّا يدينون فيه النسبيّة على أنّها نظريّة واهية. وفي نفس الوقت، على حدّ قول اينشتاين نفسه، كانت كلمة « نسبيّ» أو «كلّ شيء نسبيّ» تحقّق النجاح الصحفي لهذه النظرية التي يمتاز واضعها بلباسه الشاذّ الأنيق ونزعته إلى البهرج إلى حدّ أنّه تحوّل إلى نجم صحفيّ وصورة حيّة من العالم «كوزنوس» Cosinus.

وتعدّ هذه النظرية اليوم من أصلب النظريات وأصحّها. ولو لاها لما كان ممكنا إنجازُ مهمّات في الفضاء أو صُنع جهاز تحديد المواقع.

فيزياء الطاقات العالية و البنية الدّقيقة للمادّة

ساد الاعتقاد في نهاية الحرب العالمية الثانية أنّ الذرّة تتركّب من نواة ثقيلة تدور حولها كيفما اتّفق تقريبا الالكترونات. والالكترونات تحمل شحنة كهربائية سالبة وأمّا شحنة النواة فهي موجبة. وهذه البنية مدينة باستقرارها لقوى كهرطيسيّة ينضاف إليها الداعم الأساسي وهو القوّة النوويّة الكميّة. فقد فهم العلم أنّ القوّة الكهرطيسيّة البسيطة التي اكتشفها ماكسويل لا تعمل في هذه المستويات المجهرية. والنواة هي نفسها مركّبة من جزيئات معقّدة هي البروتونات ذات

16 - راجع ميشال بيوزنسكي في : Einstein à Paris : la recherche en histoire des sciences. Paris. Presses universitaires de Vincennes 1992.

الشحنة الموجبة والنّـترونات التي لا شحنة لها، فهي محايدة[17]. ويقتضي هذا التعايش بين الجسيمات وجود قوّة من نوع آخر. لأنّ البروتنين الاثنين يحملان نفس الشحنة الإيجابيّة ممّا سيحملهما على التدافع والتباعد، ويجرّ النواة بالتالي إلى الانفجار. أضف إلى ذلك أنّ النـّترونات لا شحنة لها فكيف يمكنها أن تبقى ملتحمة مع البروتونات أو مع غيرها من النترونات؟ وعندئذ بسط الفيزيائيون فكرة أنه توجد داخل النواة قوى تختلف عن تلك التي تشدّ الالكترونات حول النواة. وأطلقوا عليها اسم القوّة النوويّة الشديدة والقوّة النوويّة الضعيفة وإن كانوا لا يعرفون طبيعتها رغم ما بذلوه من الجهود.

وبعد الحرب اهتمّ العلماء بالبحث في طبيعة البروتون والنـّترون. فهل يكونان أصغر مكوّنات المادّة؟ واعتمدوا في سعيهم إلى الإجابة عن هذا السؤال على نفس الطريقة التي استنبطها «روثرفورد». ونعني تكسير البروتونات والنترونات لاكتشاف «ما تنطوي عليه أحشاؤها» ولا بدّ لهم حتّى ينجحوا في ذلك من الضرب بقوّة عنيفة جدّا. ولذلك طوّروا مسرّعات للجسيمات قادرة على أن تبلغ السرعة فيها حدودا ما تنفكّ ترتفع.

وكانت القذائف المستعملة هي البروتونات أو الالكترونات. ويمكن تبرير هذا الطلب لمزيد من السرعة بسهولة. ويكفي أن نتذكّر المعادلة التي سبق أن أوردناها وهي : الطاقة = ثابتة بلانك X سرعة تردّد الضوء $(W= h\nu)$. وهي تعني أن طلب استكشاف جزيئات أصغر فأصغر يحتّم طاقة أكبر فأكبر. ويجب أن لا ننسى في هذا الصدد أن ما نطلب كشفه هو من قبيل الأمواج والجسيمات.

---

17 - في سنة 1932 اكتشف الانجليزي شادويك Chadwick النترون، وذلك إثر التجربة التي أجراها فريدريك جوليو F.Joliot وأساء تأويلها.

أمّا اليوم فقد تمّ في المركز الأوروبي للأبحاث النوويّة بالقرب من جنيف بناء مسرّع الجسيمات الأوروبي. وقد بلغت تكاليفه سبع مليارات أورو. وهو عبارة عن حلقة عملاقة يساوي قطرها عشر كيلومترات تقريبا وفيه يقع تسريع الجسيمات إلى حدّ أنّها تكاد تبلغ سرعة الضّوء. وهذه اللعبة الماضية في تكسير الجسيمات تمتدّ على قرابة نصف قرن. وعدد «القطع» أو الشظايا الناشئة عن تكسير النواة ما انفكّ يتزايد ويكشف عن قطع ما تنفكّ تتعقّد. وقد سعى فيزيائيو الجسيمات، لفترة طويلة، إلى تصنيف الجسيّمات المتأتّية من هذه التجارب كما يصنّف علماء الطبيعة النباتات والحيوانات. ويُعدّ التصنيف من أخصب العمليات في المجال العلميّ. ومن شاء أن يفهم جوهر خليط من الوقائع الطبيعيّة فعليه أن يبدأ بتصنيفها.

وفي هذا الشأن وبالاستناد إلى شكلانية رياضية معقّدة جدّا رأى الفيزيائيون أن المفتاح في عملية التصنيف المطلوبة هو التناظر. وقد تأسّس كلّ شيء على فكرة أن كلّ خاصيّة إن كان لها جانب إيجابيّ ما فلا بدّ من أن يقابله جانب سلبيّ. وقد أفضى ذلك البحث إلى الجدول الموجود اليوم بين أيدينا. وهو يكاد يكون كاملا. ويشتمل على الجسيمات الأوليّة المركّبة للمادّة. وانطلاقا من ذلك ظهر الجواب عن السؤالين الجوهريين : من ماذا تتألف البروتونات والنترونات وما هي القوى التي تجمع بينهما ؟ ولنا نموذج يحظى على ما يبدو بإجماع أهل الاختصاص: ويسمّى النموذج الموحّد.

إنّ البروتونات والنترونات لا تمثّل المركّبات الصغرى للنواة. إنّ مركّبات المادّة الصغرى تسمّى باسم غريب. هو الكوارك. ويتركّب كلّ نترون وكلّ بروتون من ثلاثة كواركات مختلفة. وللكواركات طبيعة متنوّعة ولكنّها تمتلك خاصيّة مشتركة، وهي استحالة رؤيتها حرّة، منفردة. فهي لا توجَد إلا متخفّية في جزيئات أكبر

منها. وحين تتحرّر تختفي، وإن كنّا نراها في التجارب. ويعود الفضل في إظهار ذلك إلى النظام الجيّد الذي اخترعه «موراي جال مان» M.Gell-Mann واخترعه كذلك «جورج زويغ» G.Zweig[18] وشيئا فشيئا فهم العلم ما هي القوى التي تمنع النواة من الانفجار.

والنجاح الكبير الذي حققه النموذج الموحّد المصمّم انطلاقا من ذلك يكمن في ما أدركه العلم من أن جميع القوى الموجودة في مستوى النواة سواء منها القوة الشديدة أو القوّة الضعيفة تشترك في جوهرها في نفس الطبيعة مع القوة التي تشدّ الالكترونات إلى النواة، وهي جميعها قوى كهرطيسيّة كميّة، إلا أنّها تتّخذ الأشكال الملائمة للظّروف.

والنموذج المسمّى بالنموذج الموحّد هو من وضع الأمريكيين «ستيفان واينبارغ» S.Weinberg و «شلدون غلاشو» S.Glashow والباكستاني الكندي عبد السلام. وهو أوّل مسلم ينال جائزة نوبل. وهذا النموذج تزكّـيه اليوم أغلبيّة واسعة وإن كان كلّ واحد يرى أنّه لم يكتمل بعد. والسبب في ذلك هو أنّ بعض الجسيمات التي وقع التكهّن بوجودها في إطار هذا النموذج لم تظهر في التجارب المجراة ومنها «بزُون هيغس» (Higgs) الشهير. فهو الذي شُيّدَ مسرّعُ الجسيمات الأوروبي الكبير لاكتشافه...

ولا شكّ في أنّ اصطياد البزون بسبعة مليارات أورو عملية باهظة الثمن، وهي إلى ذلك لا تخلو من المخاطرة لأنّ فشلها في العثور على هذه الجزيئة، أي البزون

18- موراي جال مان (1829) هو منظّر النواة الكبير طيلة عشرين سنة. نال جائزة نوبل للفيزياء سنة 1969. جورج زويق (1937) اقترح من جانبه الشخصيّ المستقلّ نموذج الكواركات. وكان العالمان في المعهد التكنولوجي بكاليفورنيا في الستينات.

يعني أن هذه البحوث ستفضي إلى اعتبار النموذج الموحّد مخطئا. وستكون الحال عندئذ شبيهة بحال من أراد أن يبني للكتدرائية قمّة َقبّتها فهدّم الكتدرائيّة كلّها. ونأمل أن لا يقع شيء من ذلك.

الفيزياء الفلكيّة

وقع اختراع كلمة الفيزياء الفلكيّة حين بدأ العلماء يستعملون مفاهيم الفيزياء الحديثة في دراستهم للكون. واستندوا في ذلك إلى النسبيّة وإلى الميكانيكا الكميّة. وترمي هذه التسمية إلى تمييز الروّاد من الشباب، فهم الذين وسّعوا النهج الذي انتهجه الفلكيون التقليديون الذين ما زالوا يتخبّطون في الميكانيكا الفلكيّة والمراصد والمناظير. وأذكر في هذا الصدد زميلي «جون كلود بيكار» J.C.Peeker و «إيفي شاتزمان» E.Shtzman فقد كانا قبل ثلاثين سنة من الآن فقط يرفضان رفضا قاطعا نعتهما بالفلكيين، إنما هما من المختصّين في البصريات أو في الميكانيكا الفلكية. وهما عنيدان لا يفهمان شيئا من الفيزياء الحديثة. أمّا اليوم فقد تجاوزنا كلّ ذلك. ويمكن اعتبار علم الفلك والفيزياء الفلكية لفظين مترادفين.

وعلم الفلك وإن استهلّ نشاطه منذ آلاف السنين لم يعرف قفزته الهائلة إلا في القرن العشرين. ويكفي أن نتذكّر بداية القرن ففيها كنّا نجهل وجود المجرّات ومصدرَ الطاقة التي تسمح للشمس بالبقاء مضيئة. ولم نكتشف وجود هذه الحشود الضخمة من النجوم التي نسمّيها بالمجرات إلا بفضل «ادوين هابل»[19] E.Hubble. وسرعان ما ظهر أن المجرّات ما ينفكّ بعضها يبتعد عن

---

19 - ادوين هابل : (1889-1953) هو فلكي أمريكي. اكتشف المجرّات وظاهرة ابتعادها عن بعضها التي تمثّل أساس نظريّة الانفجار الأكبر. ولذلك سمي باسمه المرصد الفلكي.

بعض. وبقدر ما تكون المسافة بينها أبعد تكون السرعة أكبر. ومن ذلك جاءت فكرة أن مادّة الكون كانت في الماضي السحيق متجمّعة في نقطة واحدة. ثمّ وقع انفجار ضخم ألقى بها في جميع أنحاء الكون. ذلك هو الانفجار الأكبر وبه وُلِد الكون. وهو الذي عوّض نظريةَ الخلق المستمرّ التي بسطها ثلاثة بريطانيين هم «هارمن بوندي» H.Bondi و«توماس قولد» T.Gold و«فراد هويل» F.Hoyle ومؤدّاها أنّ الكون ثابت أبدا، مساو لنفسه أبدا وهو أبدا عود على بدء. وفي كلّ لحظة تندثر كميّة من المادّة وتولد كميّة من المادّة الجديدة مساوية لها. ومعنى ذلك أن للكون حركة خالدة.

ومن الطبيعي أن يثير ظهور نظرية الانفجار الأكبر قضايا أساسية في الفلسفات والديانات وبوجه أخص في المعتقدات المرتبطة بالزّمن. فكان السؤال : ماذا كان يوجد قبل هذا الانفجار ؟ والزمن إن كانت له بداية فمن الممكن أن تكون له نهاية. وإن كان الزمن في عرف اينشتاين متغيرا شبيها بإحداثيات المكان فإن الناس الذين يلمسون مرور الوقت لا يوافقونه في الرأي وإن اقتنعوا بصحّة حساباته الرياضيّة.

وقد أحرجت هذه النظرية البابا بي Pie الثاني عشر في أوّل الأمر ولكنّ المسيحيين تبنّوها في آخر الأمر. أفليست الدليل على وجود اللحظة الصّفر السابقة لخلق الكون؟ وقصّة النشوء التي أوردتها التوراة يجب أن تكون بالتالي صحيحة؟ وقد اشتهر المؤرخ «بيار شوني» Chaunu وهو من البروتستانت المخلصين بعمله الدؤوب لتوطيد هذا التأويل حتّى ساقه ذلك إلى اعتبار الديانات ذات الكتب المنزّلة متفوّقة على الديانات الأخرى لأنّها تقرّ بوجود الخلق، بوجود اللحظة الصفر. إنّ الله وحده هو الخالد الباقي، أمّا الكون فهو مخلوق ولا بدّ من أن يزول. والملاحَظ أن نظرية الانفجار قد وقع إقرارها في أوّل الأمر بالاعتماد على انزياح

أطياف المجرّات إلى الأحمر. وهو ما لاحظه «فستو سلفير» Vesto Silpher سنة 1917. وقد ساعدت الحسابات النظرية التي أجراها على أساس نظرية النسبيّة الروسيُّ «الكسندر فريدمان» A.Friedman[20] والقسُّ البلجيكي «جورج لمتر» [21] G.Le maitre على تأويل ملاحظة سلفير. وفي سنة 1929 أثبت هابل Hubble صحّة نظريّة التوسّع برصده للمجرّات وهي تبتعد عن بعضها، ثمّ برزت بعد ذلك إضافتان ازدادت بهما هذه النظرية توطّدا.

وتتجسّم الإضافة الأولى في اكتشاف ما يسمّى «ضجيج الكون» وهو إشعاع يملأ الكون، وتبلغ حرارته 2C° أو 3C° وهي حرارة تكهّنت بها النظريّة التي صاغها «قامو جورج» G.Gamow[22] وهو أيضا كان يجب أن يظفر بجائزتي نوبل ولكنّه لم ينل ولو جائزة واحدة.

وأمّا الإضافة الثانية فتتجسّد في استعمال فيزياء الطاقات العالية لوصف اللحظات الأولى من الكون. وهي تمثّل الطور الذي أصبحت فيه الكواركات محبوسة بعد أن كانت طليقة. وبحبسها أمكن للبروتونات والنترونات أن تولدَ.

---

20 - الكسندر فريدمان : (1888-1925) هو فيزيائي روسي مختصّ في النسبيّة واقترح سنة 1922 الإقرار بتوسّع الكون لتفسير تجارب سلفير.

21 - جورج لمتر : (1894-1966) هو فلكيّ بلجيكي كاثوليكي. هو الذي حسّن الحسابات المعنية سنة 1928 دون أن يكون له أيّ ارتباط بأعمال المشاهدة التي أجراها هابل.

22 - جورج قامو : (1904-1968) فيزيائي روسي. هاجر إلى الولايات المتحدة. صاحب اكتشافات كثيرة هامّة. منها نظرية الانفجار الأكبر. وفكرة الشفرة الجينيّة واخترع في الميكانيكا الكميّة مفعول النفق effet tunnel.

والفيزيائيون واثقون جدًا من نظرياتهم إلى حدّ أن بعضهم يعتقد أنّه بإمكانهم أن يعيدوا من جديد، في المخبر، إحداث بعض مراحل الانفجار الأكبر. وذلك على ما يبـدو هو أحد أهداف مسرّع الجـسيمات الأوروبي الـكبير.

ولا شكّ في أن دراسة بداية الكون في المخبر عمليّة تدعو إلى الذهول ؟ و لماذا لا نصنَع ثقبا أسود يبتلع كل شيء ؟ إلا أنّه من الضروري بالعودة إلى الواقع العلمي، أن نقرّ بأنّ هذا السيناريو ناتج عن دراستنا للمجرّات، وما تتكوّن منه المجرّات هو النجوم ولنا في شمسنا نموذج منها. ولكنّ العلم في بداية القرن العشرين كان يجهل جهلا تامًا كيفيّة عمل النجوم ومصدر الطاقة الذي يسمح لها بمثل هذا اللمعان. ومنذ التجارب النوويّة الأولى التي أجراها «روثر فورد» في كمبريدج لاحظ له زميله الفلكي الملكي المسمّى «أرتور ادينغتن» A.Eddington[23] أن الشمس ربما تستعمل التفاعلات النوويّة لإنتاج طاقتها. وهذا الفلكيّ هو الذي أثبت صحّة النسبيّة العامّة بفضل عمليات الملاحظة الدقيقة التي أنجزها في الجزر الواقعة في مركز المحيط الأطلسي. وأمّا عن الملاحظة التي أبداها في خصوص الشمس فقد ردّ عليه «روثرفورد» قائلا :

« مستحيل. أقول ذلك باسم مبادئ الفيزياء. ليس للشّمس الطاقة اللازمة لذلك» فأجابه أدينقتون في اعتداد «يعسر عليّ الاعتقاد في أن ما تـُجريه في مخبرك من أعمال بسيطة ملفّقة لا تستطيع الشمس القيام بها.»

23- أرتور ادينقتون (1882-1944). فلكي بريطاني وأستاذ بجامعة كمبريدج. وهو الفلكي الأوّل في بريطانيا أي هو فلكي ملكيّ. رفض الخدمة العسكرية في الحرب الكونية الأولى، وحتى لا يقع حبسه وقع الترخيص له برصد كسوف للشمس تمكّن من خلاله من إثبات صحّة نظرية النسبيّة العامة.

وكان لا بدّ من ترقّب سنة 1953 ففيها فهم العلم أخيرا أن مصدر الطاقة في النجوم يكمن فعلا في التفاعلات النوويّة كما توقّعه «أدينقتون»، وقلب النجوم هو موطن هذه التفاعلات المنتجة للطاقة. والغلاف الشمسي هو الذي ينشر هذه الطاقة بإصدار إشعاعات متعدّدة، منها تحت الأحمر وفوق البنفسجيّة والمرئيّة ومنها أيضا أمواج الراديو. والفيزياء تعتبر أن دراسة إنتاج الطاقة من مشمولات الفيزياء النوويّة، وأمّا خسارة الطاقة فتؤدّيها وتفسّرها أعمال «بلانك» و«بوهر» التي تعرض للعلاقة بين الضوء ودرجة الحرارة والتحوّل الذرّي. وانطلاقا من ذلك أصبح بالإمكان بناء نظرية تخصّ النجوم وتجمع بين الفيزياء الذريّة والفيزياء النوويّة وتشرح عمليات المشاهدة الفلكيّة وخاصّة منها تصنيف النجوم الذي أنجزه «هرتزسبرونغ» Hertzsprung و «روسال» Russel[24] في بداية القرن العشرين، وبعد الحرب العالمية الثانية بسنة واحدة ظهرت فكرة (لن تأخذ كل مداها إلا سنة 1953) وتفصيلها أن التفاعلات النوويّة، وهي مصدر الطاقة في النجوم، تجسّم أيضا الطريقة التي صُنعت بها مختلف أنواع الذرات وبالتالي مختلف العناصر التي يتألّف منها عالمنا. إنّ النجوم إذن هي المطابخ التي وقع فيها إعداد العناصر الكيميائية. ولا نعني كلّ النجوم بل بعضها لأنّ النجوم العادية كشمسنا لا جدوى لها في هذا الميدان. والهليوم هو كل ما يمكنها صنعه. وهو العنصر الكيميائي الثاني بعد الهيدروجين. وعدد العناصر اثنان وتسعون. ولكنّ الجزء الأكبر من الذرات المعقّدة التي يتكوّن منها عالمنا، من الكربون إلى الألمنيوم صُنعت في النجوم العملاقة الحمراء ذات

24 - إيجمار هرتز برونغ (1873-1967) فلكي دانماركي. وهنري نوريس روسال (1877-1957) فلكي أمريكي. سمحت أعمالهما بتصنيف النجوم باعتماد معيارين: اللون وقوّة البريق.

الحياة القصيرة أو في إنفجارات « السوبرنوفا»[25]. وقد تمّ ذلك قبل أن تولد شمسنا. ولكنّ تطوّر استكشاف الكون على هذا النحو الذي يجمع بين رصد السماء والفيزياء الحديثة وقع بكيفية تدريجيّة وأكاد أقول أنّه اعتمد في ذلك الأطوال الموجيّة واحدا فواحدا. ونشير في هذا الصدد إلى الطيف المرئيّ وقد وقع استكشافه منذ مدّة طويلة، وبعد الحرب واختراع الرادار، انضاف علم الفلك الراديوي، ثمّ الإشعاع فوق البنفسجي والإشعاع تحت الأحمر ثمّ الأشعّة السينيّة. وبتطويع الفيزياء الكمية لاستكشاف السماء تيسّر اكتشافُ أشياء عجيبة مذهلة منها شبهُ النوابض «الكزارات» و النوابض «البُلْسرات» ومنها خاصّة الثقوب السوداء.

وهي كيانات فلكية في منتهى الكثافة ومنتهى الضّخامة إلى حدّ أنّه ما من شيء يمكنه أن يصمد لجاذبيتها الجبّارة بما في ذلك الضوء نفسه. (سبق "للابلاس" Laplace أن بين في نظرية بسيطة متسرّعة إمكانية وجود مثل هذه الثقوب). ونعرف اليوم أن مركز المجرات يتكوّن من ثقوب سوداء عملاقة. ويرى العلماء اليوم أنّ تلك الثقوب هي المنظّـمة للمجرّات !. وستكون لتطوّر هذه الفيزياء الفلكية نتيجتان أساسيتان تتجاوزان إطار هذا العلم، من ذلك أنّه سيسمح بتحديدِ مستويات استكشاف الكون مبتدئا من الكوارك لينتهي إلى ما نعرفه اليوم من أبعاد العالم أو منطلقا من الانفجار الأكبر قبل الآن بـ13.7 مليار سنة ليـصل

25- وهذه النظرية المسمّاة بنظرية التأليف بين النوى الذريّة وضعها وطوّرها ستّة فلكيين في ما بين 1952 و 1954. وهم مارغريت بوربدج M.Burbidge وزوجها جاف Jeff وويلي فولر W.Fowler وفر ادهويل F.Hoyle وادوين سلبتير E.Solpeter وآل كامرون A.Cameron.

إلى الميكروثانية[26]. وهكذا سيدفع علم الفلك بالفيزياء إلى التاريخ. وسيصبح باستطاعتنا أن نكتب تاريخ الكون وننضمّ إلى الجيولوجيا وعلم الإحاثة وتاريخ البشرية. والقاعدة في ذلك هي أنّ الكون منذ البدء إلى اليوم ومن الأرض إلى أقصى التخوم الكونيّة يخضع لنفس القوانين الفيزيائيّة. ولكن هل يصحّ أن نكون واثقين إلى هذا الحدّ ؟ إنّ الفيزياء تكتشف سهم الزمن. ولكنّ الفضاء ليس معادل الزمن رغم كل ما تبسطه النسبيّة. وما نقدّمه بالتالي هو تاريخ الكون بل تاريخ المادّة.

ولكن ماذا كان يوجد قبل الانفجار الأكبر ؟ لقد قيل لنا أنّه من المحتمل أن يكون الزمن قد ابتدأ في تلك اللحظة. فماذا يعني ذلك ؟

الفيزياء و المجتمع

لا شكّ في أنّ العلم هو المسعى العقلي المتّبَع لفهم العالم. وإن اكتسب هذه الحظوة العظيمة وسُخّرت له إمكانياتٌ ماليّة هائلة فلأنّه هو الذي سمح بتطوير آليات وتقنيات غيرت حياة البشر تغييرا جذريا. ولا بدّ من الاعتراف، شئنا أم أبينا، بأنّ «أديسون» Edison و «تسلا» Tesla هما اللذان، باختراعهما للإنارة الكهربائيّة، أتاحا لأعمال «فاراداي» Faraday و «جول» Joule في الكهرباء أن تظهر في كل أهميتها وجلالها. وأنّ «ماركوني» Marconi هو الذي أثبت في نظر الناس صحّة اكتشافات «هارتز» وصحّة النظرية الكبيرة التي قدّمها ماكسويل في شأن الموجات الكهرطيسيّة. وأنّ «دانيس بابان» D.Papin مخترع المحرّك البخاري هو الذي عرّف الناسَ «بكارنو» Carnot و«كلوزيوس» Clausius

---

26- نستعمل لقيس المسافات في علم الفلك 3 وحدات : الوحدة الفلكية: وهي المسافة بين الأرض والشمس= 146 مليون كلم. والسنة الضّوئيّة وهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة = 1.10^{13} كلم- 6.800 وحدة فلكية. والبارساك = 3.26 سنة ضوئيّة. ويمتدّ العالم المرئي على ثلاثة بارسكات تقريبا.

مؤسّسي الدينامية الحراريّة. إلاّ أنه ما كان يمكن أبدا أن نكتشف الكهرباء أو الراديو أو محرّكات القاطرات لو اتجهنا إلى تحسين الشمعة أو الطبل الإفريقي (tam-tam) أو العربات التي تجرّها الحيوانات، تلك هي الثنائية التي تدين لها الفيزياء بعظمتها : فهمُ العالم والعمل على تدجينه. والقرن العشرون لم يقصّر في هذه المهمّة الطموحة المضاعفة.

الطاقة النووية

من الأحداث التي انتقشت في ذاكرة الناس وبيّنت للجميع أنهم يحلّون في عالم جديد انفجارُ القنبلتين الذرّيتين اللتين نسفتا يومي 4 و 6 أوت 1945 المدينتين اليابانيتين : هيروشيما ونقازاكي. وهما تجسّمان على نحو مذهل التطبيق المادّي لاستكشاف دقائق الذرّة. والحقّ أن العسكريين قد استعملوا العلم في كلّ العصور واستغلّوه لصالحهم. وحسبنا استغلالهم «لأرخميدس» Archimède في سرقسطة... ولكنهم ضربوا بعنف شديد هذه المرة : 200.000 قتيل ! وكانت النتيجة أن استسلم اليابان وانتهت الحرب.

وما كان بإمكان العالم أن يقبل الفيزياء الحديثة بمثل هذه السرعة لولا ذاك الحدث الذي سَيَسِمُ تاريخَ البشرية إلى الأبد وكذلك تاريخ كلّ من شارك في هذا الاختراع. ولولاه هل كانت فرنسا ستنشئ بعد الحرب مباشرة المفوّضيّة الذريّة للطاقة التي أصبحت منذ ذلك الحين من أرقى مراكز العلم والتكنولوجيا في فرنسا؟ والتجارب الفيزيائية الباهظة الثمن المتعلقة بالطاقات العالية كتلك التي يُجربها المركز الأوروبي للأبحاث النووية بجنيف ألا يقع تمويلها لهدف (سرّي) وهو إنتاج أسلحة جديدة ؟

ومن التحديات الرئيسية في القرن الواحد والعشرين معرفةُ إن كان للحافز العسكري نفس الوزن في ازدهار العلوم كذاك الذي اكتسبه في القرن العشرين.

ومن حسن الحظّ أن هذا الاستعمال الفظيع للطاقة النووية يقابله استعمال أخر إيجابيّ جدّا. وهو سابق له. ويتمثل في البطارية الذرية التي نسمّيها اليوم بالمفاعل النووي، وهي من صنع الإيطالي «انريكو فرمي» E.Fermi الذي هاجر إلى الولايات المتحدة، وقد اخترعها أيضا «فريدريك جوليو» F.Joliot في فرنسا و «أوتوهان» A.Hahn في ألمانيا. ولا صلة لهما في ذلك بالمخترع الإيطالي فرمي. وممّا يفسّر هذا التزامن أنّ فكرة استعمال التفاعل المتسلسل المسمّى بالانشطار النووي لإنتاج الطاقة خطرت في ذهن كثير من العلماء في نفس الوقت. وأما ظاهرة الانشطار فقد اكتشفها «أوتوهان وليز ميتنير» Lise Meitner قبل الحرب العالمية الثانية بقليل[27].

والمركزيات النووية تسمح اليوم لفرنسا بإنتاج 78 % من حاجاتها الكهربائية، وتعاني هذه التكنولوجيا من نقيصتين تتمثل الأولى في النفايات المشعّة، وبعض هذه النفايات يبقى حيّا لمئات الملايين من السنين، ويمكن أن تتسبّب في ظهور السرطان عند الحيوانات وعند البشر. وتتمثّل الثانية في الاستعمال المشطّ للأورانيوم، والحال أنّ مناجم هذا المعدن ذات طاقات محدودة.

لذلك تمّ اختراع تقنية جديدة، وهي المفاعل المضاعف الذي لا يحرق إلا 96 % من الأورانيوم ويسمح بالقضاء على جزء من النفايات باستعمالها كوقود له. ومن سوء الحظّ ولأننا أردنا أن نتقدّم بسرعة كبيرة جدّا في هذا المجال وفضّلنا

27 - راجع أميليو سيغري E.Segré : les physiciens modernes. Op.cit.

المشاريع العملاقة، عطّلنا تطوّر هذه التقنية بسبب التجربة التعيسة المخرّبة، تجربة «سوبر فينيكس» Super phénix ورغم ذلك فتلك هي طريق المستقبل.

ولا ننسى أن الطاقة النووية نتيجة مباشرة للأبحاث التي أنجزها «روثرفورد» وعائلة «كوري» وغيرهما والتي كانت إذاك محلّ جدال بل محلّ معارضة أحيانا.

الترانزيستور و الليزر

وبعد الحرب العالمية الثانية ظهر اكتشافان أساسيان : وهما اللذان سيحدّدان نهائيا مقام الفيزياء الجديدة والميكانيكا الكميّة. وهما الترانزيستور واللّيزر وقد نشأ الأوّل نتيجة لما بذله الفيزيائيون من جهد لفهم الآلية المجهرية المتحكمة في مدى قابلية الأجسام الصلبة لنقل الكهرباء. وقد قال «فاراداي» في القرن التاسع عشر : «توجد أجسام صلبة ناقلة وأخرى عازلة». ولكن لماذا ؟ ثمّ اكتشف العلم لاحقا أن الكهرباء تنقله جسيّمات صغيرة جدّا هي الالكترونات وفهم أن الذرة تتركب من نواة تدور من حولها الالكترونات وفهم أيضا، بفضل استعمال الأشعة السينية، أنّ الأجسام الصلبة تتألف من اجتماع عدد كبير جدّا من الذرات حسب قواعد هندسية دقيقة، مضبوطة. ولا بدّ من ربط كلّ ذلك. وهو ما تسعى إليه فيزياء الأجسام الصلبة. وبدرس مدى قابلية هذه الأجسام لنقل الكهرباء سيقع أكبرُ اكتشاف تكنولوجي في القرن العشرين إنّه الترانزيستور. ولم يكن الاهتمام مركزا على الأجسام الناقلة أو العازلة البيّنة المعروفة بل على هذه المواد المتأثرة بالظروف. فإذا هي ناقلة أحيانا وعازلة أحيانا أخرى. ولذلك نسميها شبه الموصلة. وهكذا تمّ اكتشاف الترانزيستور (وهو إدغام لكلمتين : نقل (transfert) ومقاوم(résistor) وقد وقع تصميمه في أول الأمر لتعويض المركّبات الالكترونية الأولى المشتملة على صمّامات ثلاثيّة لأن هذه الصمّامات

هشة وكبيرة الحجم ومرتفعة الثمن. ثم احتلّ كلّ شيء، من الحاسوب إلى الرقاقة الالكترونية والمعالجة الصّـُغريّة.

والملاحظ أنه مرّ على اكتشاف «بريدين» Bardeen له سنة 1948 ومعه «براتين» Brattain و «شوكلاي» Shockley أكثرُ من عشرة سنوات قبل أن يضع المهندس «جاك كلبي» J.Kilby أوّل دارة مدمجة. وفي ذلك ما يدلّ على أنّ بعض الاكتشافات الأساسيّة قد تحتاج إلى زمن طويل قبل أن تجد التطبيق التكنولوجي لها.

وقد لزم أن نترقّب لمدّة أطول من ذلك بكثير حتى نرى الازدهار الجبّار الذي أحدثه الترانزيستور في الإعلامية ثمّ في الرقميّ والاتصالات اللاسلكية وكلّ ما انبثق عنها من المنتجات الطاغية على حياتنا اليومية. ومن العوامل المساعدة في ذلك النمنمة المتواصلة لهذا الاختراع. ويمكن أن نعلن بدون أيّ احتراز أن الميكانيكا الكمية غيرت حياتنا. إلا أنّه يجب أن نضيف أنه ما من أحد من روّادها توقّـع هذا المآل. ولو قلنا لهؤلاء الفيزيائيين اللامعين من أمثال «ورنر هايزنبرغ» Werner Heisenberg و«بول ديراك» Paul Dirac أنّهم سيغيرون حياة الملايين من البشر فهل كانوا سيصدّقوننا ؟ ! وفي ذلك دليل على أهمية دور الوسطاء من المهندسين ورجال العلم الذين أتاحوا لهذا التحوُّل أن يحصل في أقلّ من نصف قرن.

وأما الليزر فهو مغامرة أخرى متأخرة، وقد سبق «لنيلز بوهر» N.Bohr أن اكتشف أنه توجد بين الضوء والذرات وشيجة دقيقة، ولكنّها أساسيّة، ولذلك كان العلماء يحاولون استعمال الذرّات في تجاربهم وإثارتها لرصد نوع الضوء الذي يمكن أن تبثّه. وهكذا تمّ اكتشاف الليزر، وهو يتمثّل في ضرب الضوء الذي

تصدره الذرّةُ في 10 أو 100 أو 1000 مع المحافظة على خصائصه الأولى. إنّه مضخّمٌ للضوء المتماسك، وما كان الأمر سهلا في هذا المجال. لقد انطلقت الفكرة من اينشتاين سنة 1917، ولم تتحوّل إلى واقع مادّي إلا سنة 1958 بفضل الأمريكيّ «تونز» Townes والسوفياتي «بزوف» Basov واحتاجت في ذلك إلى الكثير من الخيال. ومرّة أخرى طال الترقّب لمدّة عشرين عاما تقريبا حتى نرى تطبيقا لليزر في المنشآت الصناعية ونستعملَ أوّل اسطوانة ليزريّة سنة 1980. ولم تهتد البشرية لمدّة طويلة إلى ما يمكنها فعله بهذا الاكتشاف الرائع، لذلك وضعت جريدة «العالم le Monde» الحريصة دائما على تشجيع العلم المفيد، وضعت سنة 1973 العنوان التالي: « لمن الليزر ؟ الليزر للاشيء». أخيبة أمل هي، أم فشل وقتيّ ؟

المُوصليّة الفائقة و الاندماج النّوويّ

تلك هي المغامرة المجيدة التي خاضتها الفيزياء الكمية، إلا أنها رغم ذلك كانت مخيّبة للآمال أحيانا. ولا شكّ في أن أكبر هذه الخيبات (ولعلّها وقتيّة؟) هي الظاهرة الموصلية الفائقة. وقد سبق أن ذكرنا أن بعض الموادّ تنقل الكهرباء وأنّ بعض الموادّ الأخرى لا تنقلها. وتسمّى « العازلة» وتوجد موادّ ثالثة لا تنقل الكهرباء إلا في ظروف معيّنة ونسميها بشبه الموصلة، وهي القاعدة في صناعة الترانزيستور، ولكن في سنة 1911 اكتشف الهولندي «كامرلنغ أونس» H.Kamerlingh Onnes[28] أنّ بعض المواد ومنها الرصاص تصبح ناقلة تماما إذا برّدناها إلى درجة 269 درجة مائوية تحت الصّفر ففي هذه الدرجة من الحرارة لا يُبدي الرصاص

28 - كامرلنغ أونس (1853-1926) فيزيائي هولندي. وهو من الرواد في الحصول على درجات منخفضة جدّا وكان في تنافس شديد مع الاسكتلندي جيمس ديوا (1842-1923) J.Deway.

أية مقاومة لنقل الكهرباء، وذلك أمر عجيب حقًا. وقد اندهش له أونس ولكنّه لم يدرك أهمية ما اكتشفه. ولم يمنعه عدم فهمه لطبيعة هذه الظاهرة من نيل جائزة نوبل في الفيزياء في سنة 1913 لأن اكتشاف شيء جديد يُعدّ مرحلة أساسيّة في العلم ويستحقّ في حدّ ذاته أن يكون محلّ إكرام، وذلك هو ما وقع حين اكتشف «رونتجان» الأشعّة السينيّة وفاز بأول جائزة نوبل في سنة 1902.

ومقاومة مادّة ما لانتقال الكهرباء هي مقاومة لحركة الالكترونات. وهذه المقاومة تستهلك جزءا من الطاقة الكهربائية ولذلك تسخنُ المادّةُ المعنية إلى حدّ أنها تصدر الضوء أحيانا كما هي الحال في الفوانيس الكهربائية، وذلك هو السبب في كوننا نجهل كيف يمكن أن نخزّن الكهرباء في حلقة ناقلة مستديرة مثلا لأنّ الطاقة فيها ستتبدّد بالتحوّل إلى حرارة. أمّا إن لم تَعُدْ ثمّة مقاومة فيمكن عندئذ أن نسرّب الكهرباء في حلقة مصنوعة من المادّة المعنيّة. ونخزّن بالتالي الكهرباء لأنّ التيار سيدور في هذه الحلقة إلى الأبد. ذلك هو الأمل الوهميّ الذي وضعناه في الموادّ ذات الموصليّة الفائقة. وهو تخزين الكهرباء. وهو وهمّي لأنّ تحقيقه مع مواد كالرصاص مثلا يستدعي تبريد المعدّات إلى حدّ كبير جدّا وذلك يستهلك من الطاقة أكثر ممّا يمكن تخزينه.

وطيلة خمس وأربعين سنة لم يفهم أحد جوهر القضيّة، وفي سنة 1956 اقترح ثلاثة أمريكيين (منهم بردين مكتشف الترانزيستور) نظرية تسمّى BCS[29] وهي تشرح ظاهرة الموصلية الفائقة إلا أنها تشير أيضا إلى كونها مرتبطة حتما بدرجات

29- BCS : هي الحروف الأولى من جون بردين (1908-1991) وليون نيل كوبر L.N.Cooper 1930 وجون روبار شريفر J.R.Schriffer 1931 مخترعو النظرية. نالوا جائزة نوبل للفيزياء سنة 1972.

الحرارة المنخفضة جدّا. وفي سنة 1986 اكتشف «ألاكس مولر» A. Müller و«جورج بدنورز» G.Bednarz وهما يعملان بمخبر «ا.ب.م» I.B.M للأبحاث بزوريخ، اكتشفا مادّة جديدة ذات موصلية عالية جدّا في درجة من الحرارة أقلّ من الدرجة القصوى النظرية[30]، أي في : 238 درجة مائوية تحت الصّفر (وهي درجة باردة جدّا). ذلك هو الكنز، وإليه سيتسارع الطالبون له. لقد ظنّ الجميع أنّه يمكن صناعة موادّ ذات موصليّة عالية، وفي درجات الحرارة السائدة العادية. فما هي الحقيقة اليوم ؟ لقد نجح الباحثون فعلا في أن يرفعوا إلى الأعلى الحدّ الأقصى للدرجات المنخفضة التي يقتضيها وقوع الظاهرة، فوصلنا إلى : 138 درجة مائوية تحت الصّفر وهي درجة مازالت باردة جدا. والحقّ أنه لم تظهر إلى الآن أيّة نظرية مقنعة قادرة على شرح هذه الظاهرة رغم أن الآلاف من الباحثين اهتمّوا بهذا الميدان. ونظرية BCS لا تنطبق عليها. وصحيح أنه يقع استعمال مغناطيسات فائقة الموصلية في تجارب الفيزياء، النظرية كتلك المجراة في المركز الأوروبي للأبحاث النووية بجنيف. ولكنّ هذه التطبيقات لا تتعدّى الفيزياء الطلائعيّة ولا تهمّ عامّة الناس.

فهل يعني ذلك أن لا بدّ من التخلّي عن الطموح إلى موصليّة فائقة تكون أبسط وبثمن مقبول؟ ألا يجب بالعكس مواصلةُ البحث والاستعانة بالكيمياء لصناعة موادّ مركّبة تكون عديمة المقاومة في درجات الحرارة العادية ؟ وهل يجب الإعراض عن وضع نظرية تتجاوز النظرية المسمّاة B.C.S ؟ وعلى كلّ ذلك نجيب بالنّفي رغم أنّه ما من شيء يضمن لنا النجاح في هذا المجال.

---

30 - الصّفر المطلق هو 273 درجة مائوية تحت الصّفر.

ونذكر خيبة كبيرة أخرى وهي تخصّ هذه المرّة الفيزياء النوويّة، ونعني فشل البحوث المتعلّقة بالاندماج النووي. ونحن نعرف أن النجوم تستمدّ طاقتها من تفاعلات الاندماج بين النّوى الذريّة[31]. وتطلق عمليات الاندماج كمّيات هائلة من الطاقة. ومن أحسن الأمثلة عليها اندماجُ ذرّتيْ هيدروجين للحصول على الهليوم. وهذه العملية الأخيرة هي مصدر طاقة الشّمس. وهي التي تُـعتـَمَد في القنبلة الهيدروجينية الرهيبة.

ومن الطبيعي جدّا أن يرى العلماء في ذلك فرصة للحصول على مصدر للطاقة لا ينضب أبدا ولا يلوّث على شرط أن يتمكّنوا من السيطرة على عمليّة الاندماج وتدجينها. والباحثون يعملون في هذا الاتجاه منذ أربعين سنة. وقد أُنفقت مليارات الدولارات دون الحصول على نتيجة فعليّة ملموسة بسبب العجز عن إيجاد ما يكفل احتواء هذا الاندماج على نحو معقول. والمفاعل التجريبي الحراري الدولي (المسمّى ITER) الذي قبلت فرنسا إقامته في «كدراش» Cadarache في «البروفانس» Provence هو المحاولة الرابعة فلماذا يُنفقَ كلّ هذا المال[32] على مشروع مشكوك في جدواه والحال أنّ البحث في ميادين أخرى يفتقر إلى المال ! وليس أحسن من ذلك مثالا على القرارات المتسرّعة التي تدفع إليها الجماعاتُ العلميّة – السياسيّة الضّاغطة ورجال السياسة المولعون بالعلوم العالية. وسنعود إلى هذا التمشّي لانتشاره المتزايد ولأنّه لا يسمح إلاّ نادرا باستغلال الموارد الماليّة جيّد الاستغلال. والسؤال الحقيقيّ ليس إن كان يجب أن

31- الاندماج النووي يعني اتّحاد نواتين لإنشاء نواة أثقل. من ذلك نوى الهيدروجين وكتلتها = 1 تتحد لصنع الهليوم وكتلته = 4، والاندماج هو عكس الانشطار الذي يعني تكسير النواة إلى عدّة أجزاء.

32 - علمنا أنّ الميزانية الأولى رغم أنّها مرتفعة بعد ستضاعف).

ننشئ المفاعل التجريبي آنف الذكر ؟ ولكن ونظرا لارتفاع تكاليف هذا المشروع ألا يوجد في فرنسا مجال نستغلّ فيه هذه المليارات على نحو أجدى وأنفع ؟ وقد تردّون عليّ قائلين : وإن نجح المشروع ؟ سأصفّق بكلّ حرارة، ولكنّ ذلك لن يكون في الغد.

الكيمياء

وأمّا العلم الآخر الّذي يبحث في المادّة ويكمّل الفيزياء فهو الكيمياء. ويمكن لبعضهم أن يرى أنّهما يمثّلان علما واحدا. والحقيقة أنّهما ينطلقان من مطلبين ذهنيين متقابلين كلّ التقابل ولذلك فهما يتكاملان. فالفيزياء هي البحث المستمرّ عن الوحدة، وأكبر أمل عندها أن تردّ كلّ القوى التي ندرك وجودها في الكون إلى قوّة واحدة.

وأمّا الكيمياء فهي العكس. وهي لا ترى في التنوّع عيبا أو مسخا أو مظهر اضطراب لظروف خاصّة. وإنما هو على عكس ذلك، الهدف الأقصى بل هو جوهر البحث نفسه ودليل ثرائه. إن الكيمياء تطلب التنوّع وهو محرّكها الرئيسي.

ويوجد 92 عنصرا كيميائيا طبيعيّا من الهيدروجين إلى الأورانيوم. ويمكن، مبدئيا، الجمع بينها اثنين اثنين أو ثلاثة ثلاثة... الخ. والجزيئات هي التي نعرفها: CO_2 (ذرتا أوكسيجين وذرّة كربون) H_2O (ذرّتا هيدروجين وذرّة أكسجين). CH_4 (ذرّة كربون و 4 ذرّات هيدروجين). وهذه الجزيئات، على التوالي تسمّى ثاني أوكسيد الكربون والماء والميتان. ولكن هذه العناصر الكيميائية يمكنها أن تتّحد في أعداد كبيرة جدّا أي في الآلاف، بل في الملايين وحتّى في المليارات من الذرّات. وتسمّى الجزيئات العملاقة، والمعروفةُ أكثر هي الجزيئات البيولوجية،

وهي : البروتينات والحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين الشهير وغيرها. وبعض هذه الجزيئات الكبيرة جدّا مبنية على نسق منتظم فيه فواصل محددة وضروب معيّنة من التناظر : ونسمّيها البلّورات. وكلّ ذلك يعني أنّ امكانيات التجمّع بين هذه العناصر الكيميائية التي تعدّ 92 تكاد تكون لا حدّ لها. ولا حدّ بالتالي لخيال الكيميائي.

ولمدّة طويلة تنزّل الكيميائي عند الناس منزلة الطبّاخ الغامض الغريب. فهو ينطلق من وصفات خاصّة ويمزج بين العناصر الكيميائية ليصنع الجزيئات. بل إنّ الكيميائي الفرنسيّ «هرفي ذيس» Hervé This يعمل على تحويل أكثر عمليات الطّبخ دقّة وتعقيدا إلى عمليات كيميائية بسيطة جدّا. وقد أحدث ردود فعل متباينة عند كبار الطبّاخين ولكنّ هذه المقاربة تعتبر مفيدة من الناحية العلميّة.

والفيزيائيون الكلاسيكيون يحتقرون هذا النشاط الذي يدّعي أنّه علميّ في نظرهم. وقد حافظ بعضهم إلى اليوم على هذا الموقف المتعجرف.والسبب العميق في ذلك يعود إلى عدم فهمهم لهذا البحث عن التنوّع. أنّ الفيزيائيّ يسعى إلى التوحيد والتبسيط، بينما يغذّي الكيميائي التنوّعَ والتعقيد. ومع حلول الفيزياء الكميّة تغير كلّ شيء في الكيمياء. ومنذ سنة 1913 خصّص «نيلز بوهر» أحد مقالاته للكيمياء وصناعة الجزيئات، ولكنّ بطل هذه المهمّة هو «لينوس بولينغ» l.Pauling[33] فهو الذي حوّل الكيمياء إلى نشاط منطقي تتحكّم فيه الميكانيكا الكميّة، وبذلك خطا خطوة حاسمة إذ فتح الباب لكيمياء نظرية

---

33 - لينوس بولينغ.(1901-1994). كيميائي أمريكي وهو مؤسس الكيمياء الحديثة بتطبيقه للميكانيكا الكمية عليها. نال جائزة نوبل للكيمياء سنة 1954. وجائزة نوبل للسلام سنة 1962 لمعارضته للأسلحة النووية.

حقيقية، أي إنه مكّنها من منهج منطقي لتأويل التجارب أو لتصوّرها وتصميمها. وتتمثل إحدى أبرز النتائج المنبثقة عن هذه البحوث في الكيمياء الكمية في ظهور علم المطيافية الكمّية الذي سبق لبوهر أن قدّم مبدأه. وأساس هذا العلم التفاعل الكمّي بين الضوء والمادّة، ونعمد فيه إلى إصدار الضوء بالانطلاق من المادّة التي نرغب في درسها ثمّ نحلّل هذا الضوء بواسطة آلة تفصل بين مختلف الأطوال الموجيّة. وكما تدلّ على ذلك التسمية، نحصل نتيجة لذلك على تسجيل على هيئة مجموعة من المذبّبات التي تكوّن الطّيف المطلوب. والموجات المتداخلة في صنع هذه الأطياف موجات كهرطيسيّة متنوّعة (من الأشعة السينيّة وموجات الرّاديو مرورا بالمجال المرئيّ ثمّ فوق البنفسجي وما تحت الحمراء). وتمثل الأطياف ترجمة للتفاعل الحاصل بين هذه الأضواء وبين المادّة. ويمكن بالاعتماد عليها أن نرسم من جديد نظام الترتيب الذي اتّخذته الذرّات المركّبة للجزيئة.

وبالانطلاق من الأطياف الناتجة عن موجات مختلفة الطول استطاع الكيميائيون أن يعالجوا تفاصيل الأشكال التي تتّخذها الجزيئات حتّى إن كانت جزيئات عملاقة. ومنذ ذلك الحين أصبح الكيميائي رائدا. ثمّ قلب دوره في مرحلة ثانية فأصبح نحّاتا للعالم المجهريّ، وإلى صناعته لعلاقات جديدة بين الذرّات أضاف طموحا آخر وهو اختراع أشكال جديدة للجزيئات وتخيّلُ هندسات جديدة والعمل على تحقيقها.

وقد وقع تحديد بنية المركّبات الرئيسية البسيطة أو متوسّطة التعقيد بسرعة كبيرة. أمّا الطريقة المضبوطة التي تُصنَع على أساسها أي الآلية التي تجتمع بمقتضاها الذرّات أو الجزيئات وتتفاعل بهدي منها في ما بينها ليولد منها مركّبٌ جديد فذلك أمر اقتضى اكتشافه زمنا أطول بكثير وجهودا مضنية. وتعود الأفكار

العامّة المتعلّقة بآليات التفاعلات الكيميائيّة إلى سنة 1935. ثمّ سجّل هذا الميدان بعض التقدّم بعد الحرب في ما بين سنة 1950 و 1960. ولم نتمكن من أن نفهم حقّا الآليات الكيميائية والتفاعلات إلا منذ مدّة قصيرة جدّا أي بعد سنة 1995. ويعود الفضل في ذلك بكيفيّة خاصّة إلى تطوّر الفيزياء الذريّة واختراع اللّيزر. والمبدأ في هذه التجارب هو دائما إحداثُ تفاعل بين الضوء والمادّة وتسجيل الأطياف وضبطُ القيمة الحسابيّة لقفزات الطاقة الخ... على أن يقع كلّ شيء بسرعة كبيرة جدّا لأنّ هذه الاصطدامات بين الذرّات أو الجزيئات تستغرق مدّة قصيرة جدّا تساوي (10^{-15} ثانية). ولدراسة ذلك وجب بناءُ أنواع من اللّيزر ذات ذبذبات متساوية في مدّتها واكتسابُ القدرة على تلقي المعلومة بتلك السرعة. وقد تسنّى إجراء هذه التجارب بفضل التطوّر المذهل في الفيزياء الذريّة. والأستاذ الأوّل في هذه التقنيات وهذه التجارب هو العالم المصري أحمد زويل الذي يعمل بالولايات المتحدة وهو أوّل عربي نال جائزة نوبل للكيمياء. وهكذا أصبحنا نملك القواعد النظرية لمعرفة كيف تُصنع المركبات الكيميائيّة وكيف تتشكّل.

وانطلاقا من ذلك تسنّى للكيميائي أن يحدّد القواعد التي تسمح له بأن يعرف كيف تأتلف الذرّات في ما بينها وعلى أيّ أساس تتشكّل الجزيئات وبأيّة طريقة يمكننا صنعها الخ... إنّه يعرف الآن كيف تُخلق المادّة. وفي نفس الوقت تعلّم كيف يصنع هو نفسه هذه المادّة وهذه المركّبات الكيميائيّة وكيف يغيرها أيضا.

وشيئا فشيئا أصبح الكيميائيّ مهندسا معماريّا منطقيّا واعيا لمهمّته في مجال الجزيء، بل هو كما أسلفنا نحات العالم المجهريّ (ولنتذكّر حتّى لا ننسى أنّ 12 غراما من الكربون تحتوي على 6.023×10^{23} ذرّة من الكربون) ويحقّ للكيمياء بالتالي أن نعدّها نشاطا علميّا إحصائيّا وفنيّا جماليّا في نفس الآن. وقد

كانت تحليليّة في بدايتها ثمّ أصبحت تأليفيّة. والكيميائيّ يصنع موادّ سائلة أو صلبة أو غازيّة انطلاقا من عناصر كيميائيّة، وهو يتصوّر بُـنى وتجمّعات لعناصر كيميائيّة ويكتشف طريقة تحقيقها. وكلّ شيء موجود هنا. وطريقة الجمع بين ذرّات أو جزيئات أو قطع من جزيئات ليست مباشرة باستثناء بعض الحالات التي تخصّ اقتران ذرّات بسيطة نسبيّا كما هي الحال في الماء وثاني أوكسيد الكربون. إنّ الجمع غالبا ما يمرّ بصنع مركّبات وسيطة يستحيل الاقتران بدونها. ولا بدّ لصنع أيّ مركّـب كيميائيّ مهما كان من معرفة طريقة الصنع ولا بدّ من المهارة أيضا. وتشمل المهارة عاملا جوهريا هو المنشّط أو هو الجِنِيُّ الذي يسمح بتحقيق المستحيل، بانطلاق التفاعلات الكيميائيّة التي يستحيل عليها أن تحدث بدونه. إنّ المحفّز هو نفسه مركّب كيميائيّ يضطلع بدور الوسيط، وهو يساهم في التفاعل وفي هذا الصدد نذكر الذهب الأبيض فهو يُستعمل لإحداث التفاعلات الانفجاريّة في محرّكات السيّارات، بل إنّ ذلك ليمثّل الاستعمال الرئيسي لهذا المعدن الثمين الذي تتأرجح قيمته في البورصات وفقا لحركة استهلاك البترول. ولكنّ أشهر المحفّزات هي الانزيمات بدون أيّ شكّ. وهي تتدخّل في كلّ التفاعلات البيولوجيّة، وبدونها تحتاج التفاعلات التي تجري داخل كلّ كائن حيّ إلى درجات من الحرارة ومن الضّغط لا تناسب الحياة. وفي النصف الثاني من القرن العشرين أصبح كلّ شيء تدريجيّا ممكنا. وكان العلم يعرف كيف يجعل جزيئات في حالة سائلة تردّ الفعل. وهو اليوم يعرف كيف يدفعها إلى هذا السلوك وهي في حالة صلبة ويعرف أيضا كيف يجعل هذه الجزيئات الصلبة تتفاعل مع الجزيئات الغازية أو مع الجزيئات السّائلة الخ... والحدود نفسها الفاصلة بين الكيمياء المعدنية والكيمياء العضوية قد امحت. فالعلم يصنع اليوم مركبات تمزج بين المعادن وذرّات الكربون وهي ذات أشكال معقّدة جدّا، وخصائص كيميائيّة معقّدة هي الأخرى وذلك لأنّ خصائص

جزيء ما ليست رهن طبيعة الذرّات التي تكوّنها فقط أو رهن عددها وإنما هي مرتبطة كذلك بنسق اجتماع هذه الذرّات وبشكل الروابط الكيميائيّة القائمة بينها أي إنّها مرتبطة بشكل الجزيء وهندسته. ولهذا فإنّ الجزيئات إذا كانت لها نفس المركّبات مع أشكال مختلفة ولو قليلا لا تتصرّف بنفس الكيفيّة وتلك حال البروتينات مثلا. والعكس صحيح بدليل أنّه يكفي في جزيء ما أن نبدّل ذرّة واحدة من بين آلاف الذرّات بذرّة أخرى حتّى تتبدّل خصائص هذا الجزيء رغم أنّ شكله لم يتغير ولا ننسى أنّه لنا 92 عنصرا كيميائيا يمكن الجمع بينها اثنين اثنين، أو ثلاثة ثلاثة، أو أربعة أربعة... أو عشرين عشرين ويمكن أن نتـّخذ في ذلك جزيئات ذات ذرّتين ثمّ 3 ذرّات ثمّ 100 ذرّة... بل مليون ذرّة. وهكذا نرى أنْ لا حدّ لقدرة الكيميائي على الاختراع، ولا حدّ لخياله، وهو الذي كان بالأمس صغيرا أمام الطبيعة التي تعرف كيف تصنع جزيئات في منتهى التعقيد كالحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين أو الكلورفيل وهما الهباءتان الجوهريتان للحياة على الأرض. أما اليوم فهو يحذق صناعة آلاف الجزيئات التي تعجز الطبيعة عن إنشائها.

الكيمياء و الصناعة

الفيزياء هي التي اكتشفت العالم المجهريّ ومكّنت الكيمياء الحديثة من هذا الازدهار الكبير. وما كان يمكن لهذه الكيمياء أن توجدَ لولا ثورة الفيزياء الكميّة. ولكنّ العالم ما كان ليكتسب –لولا الكيمياء– هذا التنوّعَ الجبّار في الأشياء والمواد والمنتجات والمصنوعات. ولولاها لانعدم التعدين واستحال بالتالي استغلال المعادن، ولولاها أيضا لما كانت الإعلامية والترانزيستور والرّقاقات المصنوعة من السلسيوم ولما كانت كذلك الموادّ الجديدة وصناعةُ الأدوية أو مواد التجميل.

ويمكن أن نقول إنّ الكيمياء تطوّرت بالمزج بين البحث النّظريّ والبحث التطبيقي، وكلّ أعلامها اهتمّوا بالمجالين. وقد وجب في أوّل الأمر اختراع الطرق التي ستسمح بالانطلاق من المعادن بإعداد المركّبات الكيميائيّة الأساسيّة. وهي القواعد والأحماض والأملاح والمعادن. وبعد ذلك اتجه الاهتمام شيئا فشيئا إلى تأليف المركّبات الكربونيّة. وفي بداية القرن العشرين شرعت الكيمياء في استعمال البترول واعتبرته مادّة أساسيّة فنشأت عن ذلك البتروكيمياء التي اتّسع مجالها إلى أن شمل صناعة الأدوية. والحقّ أنّ المواد الاصطناعيّة التي تنتجها الكيمياء ونسمّيها في الغالب بالبلاستيك غيرت عالمنا اليوم. من ذلك مثلا أنّ كميّة الفولاذ المستعمل في صناعة السّيارات نزلت إلى الثلث في ثلاثين سنة، بل إنّنا ننتج اليوم أفلاما من البلاستيك حسّاسة للضوء وهي مولّدات للكهرباء وأنواعا من البلاستيك أكثر صلابة من الفولاذ وضروبا من الغراء أقوى من الموادّ التي ستجمع بينها.

وهذه الكيمياء تنطبق كذلك على العناصر الصلبة. والدليل أنّها أفلحت في صنع موادّ متماسكة ويابسة متعددة العناصر، وهي تعوّض المعادن لأنّها أخفّ منها وتفوقها صلابة. وأمّا التطوّر الأخر الكبير الذي عرفته الكيمياء فيشمل الصّيدلة ومواد التجميل، وأغلب الأدوية اليوم أدوية تركيبيّة صُنعت بالانطلاق من الجزيئات التي أنتجتها منشآت تكرير النفط. أضف إلى ذلك أنّه أمكن بفضل هذه الكيمياء الأحيائيّة التأليفيّة اكتشافُ أدوية جديدة تكفل الشفاء من هذا المرض أو ذاك. ولذلك فإنّه ليس من المستغرب أنّه غالبا ما ينال كيميائيون جائزة نوبل في الفيزيولوجيا والطبّ.

وزيادة على هذه التطوّرات الجبّارة التي عرفتها الفيزياء والكيمياء شهدت نهاية القرن العشرين ازدهار نشاط آخر يجتمع فيه هذان العلمان اجتماعا وثيقا وهو فيزياء المادّة الرخوية.

فيزيــاء الــمادّة الــرّخويّة

المعلّم الأوّل في هذه الفيزياء هو «بيار جيل دي جان» P.G.de Gennes وهي تهتمّ ببعض حالات المادّة التي لم تُعرّف تعريفا جيّدا. وبسبب ذلك كانت الدراسات التي تناولت هذه الحالات قاصر، محدودة. وينظر هذا العلم في البلّورات السائلة والأصماغ والدّهن والشّمع والأوحال والسوائل ذات الشّوائب الخ...

وهذه الأشياء ليست لا صلبة ولا سائلة حقّا، ولكنّها ذات أهمية كبيرة في حياتنا اليوميّة، إذ يهمّنا أن نعرف كيف يسيل الماء أو لا يسيل على الزجاج ويحتّـم استعمال المسّاحات، وكيف ينبسط الدهن ويغطّـي الحائط؟ وكيف يمكن تزييت المحركات ؟ وكيف يمكن أن نحسّن عملية استخراج النفط من مخازنه الجيولوجية والحال أنّه ملتصق بالصخور ؟ وكيف نستعمل البلّورات السائلة لنصنع منها عناصر جوهريّة في التلفاز الملوّن؟.

ويمكن أن يفهم بعضهم من هذا الذي عدّدناه أنّ الأمر يتعلّق بميادين تخصّ المهندسين فقط وأنّه يكفيهم فيها تطبيق قوانين الفيزياء العادية ليجدوا الحلول العملية، إلاّ أنّه اتّضح، في الواقع، أنّ مثل هذا التمشّي مستحيل، لأنّ النظام المعقّد لا سبيل إلى دراسته بمجرّد الجمع بين خصائص الأنظمة البسيطة المركبة له. فله خصائصه الذاتيّة ومنطقه الخاصّ. ولا بدّ لفهم كيفيّة تصرّفه من وضع مناهج طريفة واكتشاف القوانين القادرة على ترجمته ووصفه في كلّـيته، وننبّه في هذا الشأن

إلى أنّ تصرّف مركّب من البلّورات السائلة لا يمكن تقديره بدراسة تصرّف اثنين من مكوّناته ثمّ ثلاثة ثمّ أربعة ثمّ عشرة الخ... ولا يتسنّى فهم هذا التصرّف إلاّ بالنّظر إلى المركّب المعنيّ في مجمَله وفهم سلوك كلّ نوع من البلّورات الصانعة له. فنعمل مثلا على فهم كيفيّة انتظامها في حَقل مغناطيسي لتساهم في إنشاء الصورة على شاشة التّلفاز، ومن البين أنّ هذا التمشّي وثيق الارتباط بالكيمياء لأنّ طبيعة الموادّ المعنيّة يمكن أن تغير جذريّا هذا السلوك أو ذاك. من ذلك أنّ بسط طبقة رهيفة جدّا من مركّب كيميائي على صفيحة من الزّجاج يكفي لجعل الماء لا يعلق بها، كما يكفي أن نضيف هذه المادّة الكيميائيّة أو تلك لبعض موادّ التنظيف حتّى تتضخّم ويبلغ حجمها ثلاثة أضعافه الخ...

ومهمّة كيمياء المادّة الرّخوية في المستقبل أن تتصوّر جزيئات لها هذه الخاصيّة اللاصقة أو تلك وتعمل على صنعها. وغالبا ما تكتشف أثناء ذلك جزيئات جديدة لها خصائص غير متوقّعة فتعمد تبعا لذلك إلى تغيير النماذج النظريّة. وهكذا يتّضح أنّ هذه الكيمياء الممتزجة بالفيزياء لا تميّز بين البحث النظري والبحث التطبيقي. وهي ترى من خلال ما تنتهجه من المقاربات أنّ كلّ شيء أساسي وطريف وكلّ ما تنتهي إليه من النتائج قابل للتحقيق. وتؤمن بأنْ لا حاجز بين التقدير الحسابي لكيفيّة انتشار قطرة زيت على مساحة معدنيّة باستعمال أقوى أدوات الفيزياء الإحصائيّة وبين البحث في تزييت القطع المعدنيّة في المحرّكات.

ولنا في ذلك، بدون شكّ، مثال للنزعة التي ستسم العلم في الغد وتدفعه إلى عدم التمييز بين بحث نصفه بالنظري وبحث نرى أنّه تطبيقي.

وما أحوجنا إلى أن نتملّى من الطريق الرائع العجيب الذي قطعناه في قرن واحد من الزمن.

فقد انطلقنا من استغلال الكهرباء والمحرّك العامل بالبنزين وكنا نضع وجود الذرّة موضع شكّ ونظنّ أنّ الكهرباء كائن مائع، سائل، وقفلنا القرن وقد أفلحنا في استغلال الطاقة في كلّ أشكالها. ولكنّنا أضفنا إليها الطاقة النوويّة والليزر والحاسوب وريادة النظام الشمسي وفيزياء جديدة. كم كان الطريق عظيما، ثريًا ! ومن الطبيعي أن يكون السؤال الآن عن القرن الواحد والعشرين فهل سيكون في مثل هذه العظمة ؟.

الفصل الثّاني

نشأة علم الحياة

✐ كلّ ما يصحّ على البكتيريا يصحّ على الفيل
جاك مونود

سنتابع بخطى سريعة تطوّر البيولوجيا وسننتهج في ذلك نفس النّهج الذي سلكناه في دراسة المادّة. وممّا يزيد من أهميّة هذا التطوّر الحاصل في القرن العشرين في إرشادنا وإنارتنا أنّ القرن الواحد والعشرين سيكون بدون أدنى شكّ قرن البيولوجيا في كلّ حقولها وكلّ تطبيقاتها مع كلّ ما سينجرّ عن ذلك من نتائج عمليّة وقضايا فلسفيّة كبيرة.

منذ بدايات التاريخ البشري افتتن الإنسان بالحياة، وافتتن بدراستها أيضا. فهي غامضة جدّا إلى حدّ أنّها ساقت إلى جميع التأويلات الدينيّة الممكنة. ولا يمكن أن تكون إلا من خلق الآلهة أو الإله. وغايتها الأكمل الخارقة للعادة والفريدة من نوعها هي الإنسان طبعا. وهذا التصوّر هو الذي اصطبغت وما زالت تصطبغ به رؤيتنا المشوّشة للبيولوجيا. أفلا نقول في الخطاب الدّارج : « الحياة مقدّسة».

الأسس

تتمثّل الدراسات العلميّة الأولى المتعلّقة بالبيولوجيا في تصنيف الكائنات الحيّة. فوضعت النباتات في جهة والحيوانات في جهة ثانية. ولا شكّ في أنّ رمز هذه المقاربة التصنيفيّة هو السويدي «ليني» Linné[34] وهو ابن قسّ وهو نفسه متديّن جدّا. وكان يكتب ويخاطب الله قائلا : « كلّ ما خلقته يحمدك من بداية الكون إلى النهاية». وهكذا انحصر العلم في التصنيف دون أن يسعى إلى الفهم. لقد اكتفى بالبحث في « الكيف» لا في السبب.

وأمّا المساعي الأولى التي حاولت أن تفهم جوهر الحياة فقد قام بها «بوفون» Buffon و «ايرزموس داروين» E.Darwin جدّ «شارل داروين». فقد أقرّا، في أواخر القرن الثامن عشر، بوجود سلالة جامعة بين مختلف الكائنات الحيّة، وهما لم يستعملا كلمة التطوّر أو التحوّليّة . ولكنّهما ما كانا بعيدين عنهما.

إنّ «لمارك» Lamarck[35] هو الذي خطا الخطوة الحاسمة واخترع كلمة بيولوجيا بإعلانه أنّ النباتات والحيوانات تنتمي إلى نفس العائلة، عائلة الحياة. وأنّ التركيبات الكيميائيّة في الحيوان وفي النبات متقاربة، متجاورة. علاوة على أنّ الحيوانات والنباتات تشترك في كونها تتغذّى وتتطوّر ثمّ تموت وفي كونها أيضا تتوالد وتتكاثر. وهكذا تتداول الأجيال تباعا هذا المشعل الغامض الخالد الذي يسمّى الحياة. لأنّ السرّ يكمن فعلا حيث توقّعه لمارك، يكمن في هذا المشعل.

---

34 - كارل فان ليني (1707-1778). سويدي وهو أستاذ بجامعة أبسالا ومؤلف تصنيف النباتات. وحاول بعدئذ توسيع التصنيف ليشمل الحيوانات. وهو رمز الثباتيّة البيولوجيّة).

35 - جون باتيست دي موني فارس دي لمارك (1744-1829): عالم طبيعة فرنسيّ، هو مخترع كلمة بيولوجيا وفكرة التطوّر البيولوجي.

إنَ الحياة خالدة، وهي تواصل نفسها بفضل التوالد، ولكنّ الأجسام التي تحملها فانية. إنّ الحياة تشبه الشعلة الأولمبيّة التي يتداولها الرياضيون فيسلّمها الواحد إلى الأخر، وهي لا تنطفئ أبدا، ذاك هو سرّها الذي لا يزال قائما إلى اليوم. ثمّ أدخل لمارك مفهوم التحوّليّة، فاجتاز بذلك مرحلة إضافيّة أخرى ومؤدّى التحوّليّة أنّ الكائنات الحيّة يتوالد بعضها عن بعض من أبسطها كالدّودة والمدوس إلى أكثرها تعقيدا كالثدييات والإنسان. وبذلك كان أوّل من خطا الخطوة الكبرى إذ أعلن أنّ الإنسان نفسه سليل القرد. فردّت الكنسية قائلة : « جدّ عيسى المسيح إذن قرد !؟ لا يمكن أن يكون ذلك هو رأيك ! وهو دليل على أن هذه الفكرة ضرب من العبث» وبادرت فورا إلى إدانة «لمارك».

ثمّ أخذ عنه داروين المشعل، وهو بدون شكّ امتداد بيّن له وإن عارض في كتابه أن تكون لرؤيته أيّة صلة برؤية لمارك. وقد علّل لمارك ارتقاء الأحياء بضرورة التكيّف مع الوسط. وافترض أنّ هذا التكيّف يقع توريثه للأجيال اللاحقة، ونفس هذا التفسير أعاده داروين بما في ذلك توريث الطّباع الحاصلة بسبب التكيّف. إلاّ أنّه أضاف إلى ذلك مبدأ الصّراع من أجل الحياة، أي مبدأ الانتخاب الطبيعيّ. وكان من الطبيعيّ أن يُـدرج الإنسانَ في حركة التطوّر، وفعلا أعلن أن الإنسان سليل القرد. وذلك في كتابه « السلالة البشريّة والانتخاب الطبيعي» الذي خصّصه لهذا الموضوع ونشره سنة 1871.

وأمّا الخصومة بين لمارك والكنيسة الكاتوليكيّة فلم تعرف ذيوعا كبيرا. وكان لمارك شيخا وفقيرا. ففضّلت الكنيسة دفن نظريته ونسيانها بدل التمادي في مكافحتها. ولكنّ الكنيسة الانجليكانية كان لها مع داروين موقف يختلف عن ذاك المتّـخَذ ضدّ لمارك. وتفصيله أن كتاب داروين «في أصل الأنواع» المنشور

سنة 1858 عرف نجاحا كبيرا جدّا في المكتبات إلى حدّ أنْ خافت منه الكنيسة الانجليكانية ثمّ الكنيسة الكاتوليكية. فانطلقت حملة لمقاومة نظرية التطوّر وابتدأت بعقد مجمع دينيّ في كولونيا سنة 1871. وتواصلت دون أن تتوقّف، وقد كثر الحديث عن اعتراف البابا جون بول الثاني بهذه النظرية. وذلك مجرّد وهم. هو موقف يدّعي الحداثة وأمّا قضيّة أصل الإنسان فقد احتجبت. لقد غيّبوها !.

وما يجب أن نفهمه جيّدا هو أنّ الكنائس الغربيّة عارضت كلّ أنواع التطوّر التي حقّقتها البيولوجيا سواء تعلّقت بالمحتوى النظريّ أو بالمظهر التطبيقيّ. ونُذكّر بأن الكنيسة الكاتوليكية عارضت لمدّة طويلة تشريح الجسم البشري، وقد ساعد هذا التحريم على ازدهار الطبّ العربي والطبّ اليهودي ازدهارا كبيرا لأنّ هذين الدينين يجيزانه. وفي نهاية القرن السادس عشر كان الأطباء في جامعة بادو Padoue وهم من أصدقاء غاليلي يشرّحون الجثث ويتعرّضون للمضايقات التي تمارسها عليهم محاكم التفتيش حتّى اضطرّوا إلى مواصلتها سرّا في الدهاليز والأقبية.

وقد عارضت الكنيسة أيضا تطوّر الطبّ لكون المرض من إرادة الله. أفليس الله هو الذي يختار من يريدهم أن يعودوا إلى جواره ؟ فكيف إذن نعارض مشيئته؟ وهذا الموقف هو الذي ساق الكنيسة إلى معارضة استعمال الأدوية والتلاقيح، من ذلك تصدّيها للتلقيح ضدّ الجدريّ في عهد قريب نسبيّا عهد إعادة الملَكيّة.

وأمّا الدينان الإسلامي واليهودي فقد تبنّيا موقفا يختلف كليّا عن موقف الكنيسة واستندا في ذلك إلى العهد القديم وخاصّة منه الكتاب المسمّى « حكمة المسيح» الذي ألّفه في القدس الحكيم ابن سيراش وفيه يقول :

شرّف الطبيب احتراما لخدماته

فالإله هو الذي براه

وهو الذي منح العلوم للبشر

حتّى يُـمجّدوا عجائبَـه

وبالعلم يداوي الطبيب ويهدّئ الألم

وبالعلم يصنع الصيدليّ الدواء والأخلاط

لا حدّ إذن لفضل اللّه

والصحّة على وجه الأرض تأتي منه

وهذه المقابلة بين البيولوجيا والدّين معطى جوهريّ في الحاضر الراهن وسيبقى كذلك في المستقبل. وربّما تزداد حدّته. والمقاومة الظاهرة اليوم لاستعمال الخلايا الجينيّة الجذعيّة أو للاستنساخ العلاجي أو للكيانات المعدّلة جينيّا أو حتّى للتحكّم البسيط في الولادات أو لاستعمال الواقي تحَصّنا من عدوى السيدا، هذه المقاومة إنْ هي إلاّ المظهر الحديث لنفس ذلك الموقف القديم. ومن يتعجّبون ممّا قاله البابا بنوا Bénoit السادس عشر في أفريقيا في شأن الواقي عليهم أن يعودوا إلى كُتب التّاريخ و قد يكون هذا البابا أقل لباقة من البابا بول السادس و لكنه قال في حقيقة الأمر نفس ما سبق لهذا الأخير أن قاله. ولذلك يجب تقييم كلّ ما تحقق من تطوّر في البيولوجيا وفي الطبّ عبر القرون بمراعاة هذا الموقف الرجعيّ المتواصل، لأنّه يمثّـل عائقا أساسيّا للبيولوجيا الغربيّة بالمقارنة مع الازدهار الكبير الذي تعرفه آسيا في هذا المجال.

وأمّا الإضافة الأساسيّة الأخرى، بعد داروين، فقد وقعت هي أيضا في القرن التاسع عشر ونعني اكتشافَ الرّاهب التشيكي «قريقور مندل» G.Mendel[36] لقوانين الوراثة. وبقيت هذه القوانين مجهولة لخمسين سنة بعد ذلك إلى أن اكتشفها من جديد وبدون علم بتجارب مندل، «دوفري» Devries و«كورانس» Correns و «تشارماك» Tchermark في نهاية القرن التاسع عشر. وينضاف إليها اكتشاف آخر أساسيّ وهو ظاهرة الطفرات الأحيائيّة التي درسها الأمريكي «توماس مورغن» T.Morgan بإجراء تجارب على البكتيريا إشريكيا القولون المسمّاة «الدّروزوفيل» التي تمتاز بتوالدها السّريع جدّا. ونجح في إحداث هذا التّغيار (أو هذا التحوّل الجذريّ) بالاشتراك مع «مولار» Muller وبتعريض الذبابة للأشعّة السينيّة. وقد وجدت نظريّة التطوّر في اكتشاف ظاهرة التحوّل الجذريّ مستندا نظريّا آخر لها. إذ ظهر أنّ التحوّلات الجينيّة التي تحصل أثناء عمليات التوالد تسوق إلى إنشاء صفات جديدة عند الكائنات الحيّة. أمّا إن كانت هذه الطباع توفّـر لأصحابها امتيازا في الصراع من أجل البقاء في ظروف بيئيّة معيّنة أو لا توفّـر فذلك هو ما تنهض عليه ثنائيّة داروين الشهيرة ثنائيّة الانتخاب والتكيّف. وقد تكون هذه التحوّلات أحيانا هامّة جدّا، فتسوق عندئذ إلى ظهور أصناف جديدة. وهذه الآليّة المتحكمة في التطوّر هي التي سيسمّيها «جاك مونود» J.Monod لاحقا بآليّة «الصّدفة والضرورة» وتُطالعُنا في هذا الاجتماع بين مبدأ التطوّر وعلم الوراثة أوّل رؤية تأليفيّة في المجال البيولوجي.

36 - قريقور مندل (1822-1884) راهب تشيكي هو مخترع ما يسمّى بعلم الوراثة، أجرى تجاربه بالمزاوجة بين حبّات جلبّان مختلفة الألوان وذلك في حديقة الدّير. ومن رصدها استخلص القوانين الأساسيّة للوراثة.

وأمّا القفزة الحاسمة الثالثة فستحصل باستعمال آلة بصريّة قديمة جدّا، هي المجهر. ويقال أنّ غاليلي قد صنع مجهرا ولكنّه لم يحسن استعماله كما أحسن استعمال المنظار ! ومن البيّن أن العالم الانجليزي العالميّ «روبار هوك»[37] R.Hooke الذي عاصر نيوتن وكان ضحيّة له هو أوّل من استعمل المجهر لرصد دقائق تركيبة الكائنات الحيّة. وهو أوّل من وصف الخلايا، إلاّ أنّ الطبيب البروسي «ورشو» Wirchow الذي عاش في النصف الثاني من القرن التاسع عشر (وكان الخصم السياسي اليساري للزعيم الرجعيّ بزمارك) هو الذي حوّل معنى الخليّة إلى مفهوم علميّ. إذ بيّن أنّ كلّ الكائنات الحية مركّبة من تجميع الخلايا. الخليّة إذن هي الوحدة الأوليّة في الأحياء. وهذا الاكتشاف دفع البيولوجيين إلى رصد الظواهر الجينيّة بالمجهر. وكان ذلك خطوة حاسمة.

بداية القرن العشرين

في بداية القرن العشرين، وبينما كانت الفيزياء تنجز الثورة الذريّة الجبّارة، ظهرت في البيولوجيا سلسلتان من الاكتشافات. ففي سنة 1905 اكتشف «بوفري» Boveri و «ستّون» Sutton بواسطة المجهر الصّبغيات (الكروموزومات) إذ لاحظا أنّ الخلية حين تنقسم تنقسم معها نواته وينقسم كذلك خيط النواة الذي يمكن تلوينه بكاشف كيميائي حتّى تتسنّى رؤيته. وبسطا نظريّة ترى أنّ هذه الصّبغيات هي محامل الوراثة. وفي سنة 1909 قطع «جوهنسن»

37- روبار هوك : (1635-1703) عالم ذو شهرة عالميّة كان يجب أن يكون في مقام نيوتن، هو الذي فهم قوانين كبلر، وهو أوّل من استعمل المجهر في البيولوجيا. وكان من روّاد الجيولوجيا، عامله نيوتن معاملة منحطّة وتجاهل في استعلاء اكتشافاته رغم أنّها ذات أولويّة، وطعن فيه وذهب إلى حدّ أن أزال صورته التي كانت معلّقة في الجمعيّة الملكيّة رغم كونه أحد مؤسسيها.

Johansen مرحلة أخرى حين أعلن أنّ الطباع الوراثيّة تنقلها وحدات سمّاها الجينات. والصّبغيات حسب رأيه متكوّنة من جمع من الجينات. وهكذا انعقدت الصلة، سنة 1910، بين نظرية التطوّر وعلم الوراثة والبيولوجيا الخلويّة. وكان العلم يعرف بعدُ أنّ الحتميّة المركّبة في الكائنات الحيّة موجودة في الخليّة ويعرف أيضا أنّ خصائص المادّة تتحكّم فيها الذرّات وكيفيّة اجتماعها والجزيئات والبلّورات، وذلك يعني انتصار مبدإ الاختزال، اختزال الظواهر في مركّباتها الدقيقة، إلاّ أنّ البيولوجيا مازالت في حاجة إلى خطوة إضافية أخرى وهي معرفة العلاقة بين الخلية والجزيئات. ومن الطبيعيّ في ذلك العهد أن يرفض أغلب البيولوجيين هذه الأفكار لأنّ اهتمامهم مازال منصبّا على تصنيف الكائنات الحيّة.

وتمثّل دراسة التركيبة الكيميائيّة للمادّة الحيّة ملحمة. ولمدّة طويلة ساد الاعتقاد أنّ المركّبات الكيميائيّة التي تتألّف منها الكائنات الحيّة والمتكوّنة من جزيئات ضخمة تجتمع فيها ذرّات الكربون والهيدروجين والأزوت والاكسيجين لا تقدر على تركيبها إلاّ الكائنات الحيّة ذاتها. ولذلك سمّيت هذه الكيمياء التي نشأت حول ظاهرة تكثيف الكربون بكيمياء الأجسام ثمّ أصبحت الكيمياء العضويّة. وقد ساندت الكنائس هذه الفكرة بقوّة لأنّ الفشل في تركيب المادّة العضويّة هو الدليل عندها على وجود الله. فالله وحده هو الذي استطاع أن يمنح الحياة ويصنع هذه الجزيئات الشديدة التعقيد. غير أنّ الحجّة سقطت سنة 1828 حين أفلح الألماني «وهلر» Wöhler في تركيب مادّة الأوريا (Urée) وبعده سينجح العلم في تركيب كل الجزيئات العضويّة الواحدة بعد الأخرى. ووجدت صناعة الأدوية في ذلك دفعا حاسما. وأما معرفة بنية الصّبغيات الدقيقة فلم تحصل إلاّ سنة 1953. وبها عرفنا السّند الجزيئي الحامل للوراثة، ذلك هو الاكتشاف الرائع،

اكتشاف الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين الذي حقّقه «فرنسيس كريــك» (F.Crik) و«جيمس وطسن» J.Watson إلا أنّه يجمـل بنـا أن لا نسبق الأحداث.

البيولوجيا الادمــاجيّة

وبموازاة هذه التطوّرات الحاصلة في ما يمكن أن نسمّيه بأساسيات الحياة، إذ ما الحياة إلاّ هذا التمادي الذي يضمنه التوالد وبالتالي ظاهرة الوراثة، بموازاة ذلك ازدهرت بيولوجيا أخرى يسمّيها بعضهم اليوم بالبيولوجيا الإدماجيّة، ومهمّتها أن تفهم كيف تعمل الكائنات الحيّة. وتتنزّل الفيزيولوجيا في قلب هذا المسعى لدرسها هي الأخرى لآليات الحياة في الكائنات الحيّة. ومن الطبيعيّ أن يكون الهدف الأوّل هو معرفة كيفيّة عمل تلك الآليات عند الإنسان. والحقّ أنّ هذا التلاقي بين الطبّ والبيولوجيا وقع متأخّرا، إذ لم يحصل إلاّ في نهاية القرن التاسع عشر من خلال مساهمات عالمين فرنسيين ساندهما نابوليون الثالث بدون انقطاع. وهما «كلود برنار» و«لويس باستور»، وقد أسّس الأوّل الفيزيولوجيا والثاني البيولوجيا الجزيئيّة وعلم المناعة.

تـركة كلود برنــار

مؤدّى الفكرة المركزيّة في جملة أعمال «كلود برنار»[38] في لغة عصرية. أنّ سير الحياة في الكائن الحيّ رهن نظام معقــد. فكلّ العناصر وكلّ الأعضاء مترابطة في

38- كلود برنار (1813-1878) هو مؤسس الفيزيولوجيا. قدّم الكثير من الأعمال. أمّا اليوم فيشينه عند الناس تشريحه لكائنات حيّة حتّى في دروسه في معهد فرنسا collège de France وقد تخلّت عنه زوجته لهذا السبب وأسّست أوّل جمعيّة لحماية الحيوانات.

ما بينها، وأيّ مرض وأيّ قصور في عضو من الأعضاء يمكن أن يضرّ كامل الكائن الحيّ. وتحصل هذه التفاعلات بين مختلف المكوّنات بمساعدة الدمّ وما ينقله من موادّ كيميائيّة. وهكذا تيسّر للبيولوجيين أن يفهموا شيئا فشيئا كيف يعمل التنفّس من حيث هو ابتلاع للأكسيجين وتخلّص من ثاني أوكسيد الكربون، وكلّ ذلك بواسطة جزيء معقّد هو خضاب الدمّ. ولكلود برنار إلى ذلك فضل اكتشاف دور الكبد في تعديل السكّر وشرح مرض السكّر الرهيب. وفي هذه المقاربة وقع الاهتمام بالكيمياء الأحيائية لا من الناحية الهيكلية التركيبيّة بل من ناحية التفاعلات الكيميائية وعمليات انتقال السوائل. وكان من الحتميّ أن تبسط هذه المقاربةُ من جديد علم التشريح، لأنّه لا بدّ لدراسة كيفيّة اشتغال الكائن الحيّ من معرفة دقيقة لمركـّبات جسمه وللدّور الذي يؤدّيه كلّ عضو من أعضائه. إنّ الإنسان هو الغاية، ولـذلك بدأ يستقطب شيئا فشيئا كلّ الدراسات الفيزيولوجية.

وشيئا فشيئا أيضا كان الطبّ العلمي يبرز وينمو. وكانت إحدى الدراسات الفيزيولوجية دقيقة جدّا. وقد تطوّرت بالاستناد إلى أعمال قديمة بعدُ هي أعمال "غال" Gall (1758-1829) : وتتمثل في دراسة المخ وإن أوردنا "غال" Gall فلأنّه هو أوّل من حدّد الحيّز الخاصّ بالفكر في الجزء الخارجي من المخ الذي نسمّيه اليوم بقشرة المخ. وقد ذهب "غال" إلى أبعد من ذلك فأعلن أنّ هذه القشرة تتركّب من حيّزات محدّدة يضطلع كلّ واحد منها بوظيفة معيّنة كالنّظر أو السمع أو الكلام أو الفكر. وهذه الفكرة التي تمثّل قاعدة علوم الأعصاب الحديثة كانت معروفة منذ بداية القرن التاسع عشر. وإليها يعود الفضل في التطوّر الجبّار الذي حدث في آليات التصوير لمركّبات المخ، وهي التي قاومتها الكنيسة بشدّة. فكيف نتجرّأ حسب رأيها على دراسة المخ بالتفصيل؟ وكيف نجسر على أن نقول

إنّ الفكر له حيّز معيّن في المخ ؟ إنّ الله هو الملهم وهو المخصّب للدّماغ. والفكر وقف على الإنسان، فهو إذن هبة من الله !

ورغم ذلك فإنّ هذه الرؤية هي التي سيثبتها إثباتا كاملا الطبيب الفرنسي "بروكا" Broca والطبيب الألماني "فرنيك" Wernicke إذ بيّنا في ما بين 1861 و 1865 أنّه توجد مناطق مضبوطة بدقّة تخصّ الكلام وأنّ أيّ خلل يصيبها يجرّ إلى أنواع مختلفة من انعقاد اللّسان. وهذا الاتّجاه نحو دراسة العلاقات بين الفكر والمخ سيكون هو أيضا موضوع جدال بين المثاليين والماديين. وهو الذي سيتواصل في العصور الحديثة في ما بين التّحليل النّفسي وعلوم الأعصاب، ويبدو كما سيتّضح لنا لاحقا أنّه خصام قديم ولن ينتهي في القريب العاجل.

وقد أدّت هذه الدراسات الفيزيولوجية إلى ازدهار اختصاصين طبّيين: الجراحة وعلم الصّيدلة.

والجسم البشري نظام معقّد جدّا. والوسطاء وأدوات الارتباط بين الأعضاء مركّبات كيميائية وهي التي تنقل وتحوّل المعلومات البيولوجية، والنظام الفيزيولوجي هو في حقيقته نظام كيميائي. والحلّ لتغييره أو إصلاحه أو إشفائه يكمن في الكيمياء وبالتالي في العقاقير.

وإن أردنا أن نتدخّل في تصرّف الجسم وجب أن نحقنه بالموادّ الكيميائيّة، أي بالأدوية. وقد اتّجهت المحاولات في أوّل الأمر إلى العمل على صناعة هذه الجسيّمات بالانطلاق من النباتات ثمّ من الحيوانات وذلك بالتّضحية بها في أغلب الأوقات. وبعد أن نجح "وهلر" في تركيب الأوريا سعى العلم إلى صناعتها بكيفيّة تأليفيّة في المخابر.

وهكذا انتصبت الكيمياء مفتاحا للطبّ وأتاحت لصناعة الأدوية أن تزدهر وتفرض نفسها.

وأمّا الجراحة فقد كانت لزمن طويل نشاطا يقع خارج الطبّ بدليل أنّها طيلة القرون الوسطى كانت وقفا على الحلاّقين تقريبا. ثمّ ظهرت الحاجة إلى معرفة تركيبة الجسم البشري معرفة جيّدة والدّور الذي يضطلع به هذا العضو أو ذاك في مختلف الأمراض. وبذلك خطت الجراحة خطوة حاسمة إلى الأمام، إلاّ أنّها مازالت إلى اليوم تُعتبر نشاطا هامشيا. وحسبنا دليلا أن المعهد الوطنيّ للبحث الطبّي رفض طيلة عشرين سنة أن يُموّل البحوث لاستغلال الإعلامية والإنسان الآلي في الجراحة والحال أنّ هذا الميدان هو الذي اكتسبت فيه فرنسا شهرة عالمية بفضل الطبيبين "كاربونتي" Carpentier و"مارسكو" Marescaux وحجّة المعهد في ذلك أنّ الجراحة ليست طبّا علميّا.

تركة باستور

لنتوجّه الآن إلى "لويس باستور" (1822-1895) وهو من معاصري "كلود برنار" وله مساهمتان أساسيتان تشهدان على أهميّة دوره وتُعدّ ولادة البيولوجيا الجزيئيّة على يديه المساهمة الأساسيّة الأولى. إذ بيّن أنْ لا وجود للتولُّد الذاتي في المادّة الحيّة وأنّ كلّ مادّة حيّة متأتّية من مادّة حيّة أخرى. وهكذا مكّن باستور الكنيسة من نفس جديد. إنّ الله إذن هو مصدر الحياة ومانحها. ولكنّ ما أثبتته هذه التجربة من الناحية النظرية هو وجود كائنات مجهريّة لا تتيسّر رؤيتها بالمجهر. إنّها الميكروبات. وسيتّضح في ما بعد أنّ هذه الميكروبات تنقسم إلى عدّة أنواع، منها البكتيريا ومنها الفطور الخيطيّة، ومن ضمنها الخميرة ومنها أنواع أخرى

أصغر هي الفيروسات. وباستور هو الذي سيجعل البيولوجيين يفهمون جميعا أن هذه الميكروبات تتوالد بسرعة كبيرة جدّا وأنّ بعضها مصدر خير كالخمائر التي تسمح بتخمّر الجعة والخمر وبعضها الآخر مصدر لأمراض خطيرة. ويُعدّ تطوّر قواعد النظافة لتجنّب العدوى بالميكروبات الممرضة من النتائج الرئيسيّة لاكتشاف باستور. وأمّا مساهمته الكبرى الثانية فتتجسّم في تعميم التلقيح وتنظيره[39] وبالتالي في وضع علم المناعة وتركيزه. ولا شكّ في أنّ آليات جهاز المناعة تمثّل واحدا من أعظم وأدقّ الأنظمة التي ينهض عليها الأحياء، فكيف يفلح الجسم في تعبئة جزيئات معيّنة للدّفاع عن نفسه ومقاومة التعفّنات؟ وكيف يتسنّى له التمييز بين جزيئاته هو الشّخصيّة الذاتيّة التي تتنقّل داخله وبين الجزيئات الأجنبيّة التي ليست ملكا له ؟ وهذه الاكتشافات ستزيد من أهميّة علم الأدوية وعلم الكيمياء في معالجة الأمراض المعدية.

التّجريب البيولوجي

في بداية القرن العشرين فرض المنهج التجريبي نفسه في البيولوجيا وفي الطبّ أيضا. ومن الذين طبّقوا هذا المنهج وناصروه "كلود برنار" و"باستور"، ولكن كيف يمكن التجريب على الإنسان وهو الغاية القصوى لكلّ هذه الدّراسات؟ وفي هذا الموضوع اضطلعت فكرةُ التطوّر وانتسابَ الكائنات الحيّة إلى نفس السلالة بدور حاسم. وإن ثبت الاشتراك في السلالة أصبح من الممكن دراسة هذا الحيوان أو ذاك لفهم عضوٍ ما أو سوء تركيب ما. ومن الممكن أيضا تجريب هذا الدواء أو

---

39 - اخترع التلقيح الانجليزي ادوارد جنير (1749-1823) E.Jenner وهو طبيب أرياف، اخترع التلقيح ضدّ الجدري سنة 1790 ولكنّ التلقيح المطّرد لم يبدأ إلاّ سنة 1967 بإشراف المنظّمة العالميّة للصحّة.

ذاك وهذه التقنية المتعلّقة بالمناعة أو تلك على الحيوانات. وهكذا تطوّر التجريب على الحيوانات. وهو الذي سيؤدّي إلى فهم كامل للفيزيولوجيا.

وشيئا فشيئا أصبح التجريب على الحيوانات منهجا موحّدا في البيولوجيا. ومن بين الحيوانات ذات التركيبة القريبة من الإنسان سيبحث البيولوجيين عن تلك التي تطوّرت عندها هذه الوظيفة أو تلك أكثر منها عند غيرها. ففي ذلك ما يتيح دراسة أيسر لها. تلك هي فترة بكتيريا إشريكيا القولون التي درسها "توماس مورغن" وتلتها فترة العصيّة الكولونيّة. وقد اختيرت هذه البكتيريا لدراسة علم الوراثة الجزيئي وفترة الحبّارة لدراسة الخلايا العصبيّة والجهاز العصبي وقد أجراها "هكسلي" Huxley و"هدكين" Hodgkin الخ... وكان من النتائج العمليّة لدراسة هذه الحيوانات أن برز الطبّ البيطري وازدهر. والإنسان يربّي الحيوانات للإستفادة منها (أو للتمتّع بها). وهي عرضة للأمراض والأوبئة والحوادث، ومن الضروري معالجتها وإجراء العمليات عليها. وفي هذه الحاجة إلى دراسة الحيوانات كنماذج مرجعية للإنسان غنم مضاعف : غنم للإنسان وغنم لتربية الحيوانات التي ستجد في ذلك داعما كبيرا لها. بقي ربط الصلة بين هذه البيولوجيا الادماجيّة وعلم الوراثة. وقد أدّى هذه المهمّة علم الأجنّة. وهو علم يدرس تطوّر البيضة الملقّحة وبالتالي الجواز من مرحلة الطفولة إلى سنّ الرّشد. وكانت تلك الدراسات وصفيّة في جوهرها خالية من التأويل الهامّة والشروح النظريّة. ويطغى عليها كلّها مفهوم واحد يتمثّل في نظريّة "هايكل" Haeckel التي ترى "أنّ تطوّر الكائن الفرد يعيد من جديد تطوّر النّسل" ويتّبع الجنين أثناء نموّه المراحل التي اتّبعتها سلالته في تطوّرها، وهذه النظريّة وإن وقعت مكافحتها بشدّة لا تخلو من بعض الصّواب الذي سنفهمه لاحقا.

فيزيولوجيا النّباتات

بالتوازي مع الحركة التي جعلت الطبّ فنّا علميّا وفي نفس الفترة أصبحت دراسة النباتات دراسة علميّة هي الأخرى. وقد بقي علم الوراثة لزمن طويل في عرف البيولوجيا المهتمّة بالحيوانات علما نظريّا، ولكنّه كان -على عكس ذلك- العلم المركزيّ في البيولوجيا النباتيّة منذ أن أصبحت محلّ اهتمام كبير في بداية القرن العشرين. وليس من باب الصدفة أن يكون "مندل" قد اكتشف قوانين الوراثة بإجراء تجارب على حبّات الجلبّان. ومن الثابت أنّ الفلاّح حاول منذ السّومريين بل وحتّى قبل ذلك بكثير، حاول المزاوجة بين أصناف وأنواع مختلفة من النباتات ليصطفي منها أحسنها وينتج منها النبتة الأنفع له. والمزاوجة ويليها الاصطفاء من النشاطات التي زاولها الفلاّحون على الدّوام. وكلّهم أجروا تجارب جينيّة دون أن يدركوا ذلك. والمتعصّبون الذين يحاربون اليوم حقول النباتات المحوّرة جينيّا ويدّعون دعم الفلاحة الطّبيعيّة عليهم أن يعرفوا أنّه لا توجد ولو نبتة واحدة مزروعة يمكن اعتبارها طبيعيّة. فكلّ النباتات ناتجة عن التزاوج الجينيّ وعن الانتخاب.

وزيادة على علم الوراثة اتّجه الاهتمام إلى دراسة فيزيولوجيا النباتات كما دُرست فيزيولوجيا الإنسان والحيوانات. وهنا أيضا ظهر أنّ الكيمياء هي العلم الجوهريّ. وتركزت الدراسة في هذا المجال على مظهرين هامّين: النّظريّ والعمليّ. ويتمثّل العمليّ في التّغذية، في ما تحتاج إليه النباتات حتّى تنمو، والأحسن أن يكون هذا النموّ سريعا إن أمكن ! ومن الطبيعيّ أنّها تحتاج إلى الماء قبل كلّ شيء ! إلاّ أنّه لا يكفي، فالنباتات تحتاج حتّى تصنع المادّة الحيّة إلى الأزوت أيضا وإلى الفوسفور والبوتسيوم. والأزوت عنصر محدّد لا غنى عنه. وهو المركّب الجوهريّ

للغلاف الجويّ، إلاّ أنّ النباتات لا تستطيع امتصاصه كما هو. ونكتشف عندئذ دور البكتيريا والفُطـَر فهي تعرف كيف تحوّل أزوت الهواء لتجعله مستساغا لدى النباتات. ويطالعنا من وراء ذلك مبدأ التكافل، وتفصيله أنّ النباتات تعيش في اتّحاد متين مع الفطريات والبكتيريا لضمان مصلحة للطّرفين من ذلك أنّ البكتيريا تقترن في التربة مع البقول لتضمّ الأزوت الموجود في الهواء إلى الهيدروجين وتجعله بالتالي قابلا للاستيعاب من قبل النبتة. وستفضي هذه الدراسات سريعا إلى إبراز مفهوم الأسمدة والمخصّبات. ولا شكّ في أنّ استعمال فضلات الإنسان والحيوان قديم جدّا. وستنضاف إليه الآن الأسمدة الكيميائية ومنها : النترات والفوسفاط والبوتاس. ها نحن قد دخلنا إلى الكيمياء الصناعيّة ومن العسير الخروج منها. فبعد الازدهار الذي عرفته الأسمدة في الكيمياء الفلاحيّة تمّ تطوير الأدوية المبيدة للحشرات التي ستبلغ الأوج مع اكتشاف مادّة الـ"د.د.ت" (D.D.T-). والحقّ أنّ المختصّين لم يفلحوا في فهم الآليات المتحكّمة في مفعولها وكيفيّة تأثيرها فهما جيّدا واضحا، إلاّ أنّه ثبت من الناحية التجريبيّة أنّها ناجعة. وأمّا ما يمكن أن ينجرّ عنها من أضرار فقد وقع تجاهله. لقد كانت الإنتاجيّة هي السيّدة، وها هو المردود الفلاحي يزداد في كلّ الميادين. فهذه التقنية إذن جيّدة.

ولا شكّ في أنّ أروع الدراسات النظريّة وأشدّها فتنة في مجال النباتات هي الدراسة التي تـعرِض لآليات التركيب الضوئيّ الكلوروفيلي. ومؤدّاها أنّ النباتات الخضراء التي يضيؤها نور الشّمس قادرة، مع الماء، على استخلاص ثاني أوكسيد الكربون من الجوّ لتصنع منه المادّة الحيّة. وهذا التركيب الضوئيّ يتحقّق بفضل الكلوروفيل الذي يُعدّ أهمّ تركيب للمادّة الحيّة يجري على الأرض.[40]

---

40 - تركّب البكتيريا بعضا من المادّة، ولكن أهميّة ذلك محدودة.

وكلّ الكائنات الحيّة تستمدّ مادّتها الحيّة في آخر المطاف من هذه الظاهرة. وأمّا آليات التّركيب الضوئيّ الجوهريّة فقد أجلاها في الستّينات "ملفين كلفين M.Calvin" وهو أستاذ بجامعة بركلاي Berkeley وهي تعتبر اليوم هامّة جدّا على المستوى العملي، لأنّها ترتبط، من جملة ما ترتبط به، بقضايا الانحباس الحراري وقضايا المناخ وكذلك بقضايا إنتاج الطّاقة من الكائنات الحيّة أو من الخلايا الكهرضوئيّة.

وهكذا نكون قد استعرضنا الخطوط الكبيرة المكوّنة لصورة البيولوجيا في أواسط القرن العشرين، إلى أن كانت القنبلة. ونعني اكتشاف الحامض النّووي الذي سيحكم على هذا العلم بالتغيّر الجذري. ويجمل بنا قبل أن نباشر هذا الموضوع أن نحلّل التطوّرات السابقة لنستخلص منها مبادئ للمستقبل.

تنوّع الحياة

ممّا يثير الاهتمام أكثر من غيره في هذه التطوّرات تنوّعها وفعلا نرى أنّ علوما كثيرة قد تنامت وتمايزت فاستقلّ بعضها عن بعض، ومنها علم الوراثة وفيزيولوجيا الحيوان، وفيزيولوجيا النباتات، والتشريح، والطبّ، على أن نضيف إلى ذلك الاختصاصات حسب النوع و العضو أو المرض كالطبّ البيطري والصيدلة وكيمياء الأحياء (ودورها جوهري وهو متنوّع) والبيولوجيا الجزيئيّة. وتجتمع إلى ما تقدّم النشاطات التقليديّة التي كانت تمارسها البيولوجيا وتتّسم بدراستها لكلّ نظام بالنّظر في مركّباته واحدا بعد الآخر ووصفها وتصنيفها. وتبدو هذه البيولوجيا التي سادت في الخمسينات كثيفة متداخلة إلى حدّ أنّ النهج التّصنيفي كان يتنزّل منزلة النشاط العلميّ الأوّل. وحتّى في كيمياء الأحياء كان يُطبّق نفس المنهج، ويكفينا أن نتذكّر أنّ الدراسات البيولوجية في الجامعات الفرنسيّة في الخمسينات

كانت متركّزة على علم التصنيف في علم النباتات وعلم الحيوانات. وتضاف إلى ذلك دراسة الفيزيولوجيا دراسة محدودة جدّا. وأمّا علم الوراثة فيمثّل اختصاصا ككيمياء الأحياء ولا يقع درسه إلاّ في آخر المرحلة المعنيّة. ولم يخصّص ولو كرسيّ واحد لبيولوجيا الكائنات المجهريّة (أوّل كرسيّ أسند "لأندري لواف" A.Lwoff في باريس في أواخر الستينات، وهو الذي سينال جائزة نوبل لاحقا) والحقّ أنّه ظهرت بعدُ في ذلك العصر بعضُ الدراسات المهتمّة بآليات الحياة الأساسيّة ولكنّها بقيت قليلة، محدودة. ولا حقّ لأصحابها في أن تحتفل بهم الجامعات وخاصّة منها الجامعات الفرنسيّة.

وسنرى لاحقا أنّ العمل البيولوجي كان يفتقر إلى الشروح النظرية المركزيّة وكان، زيادة على ذلك، يشعر بأنّه مشلول أمام تعقيد الحياة الجبّار. وقد قاد هذا الاستضعاف للنّفس في القادم من الأيّام إلى تفاؤل ساذج ظهر أثناء التطوّرات الأولى في بيولوجيا الجزيئات. ولا بدّ من أن نستحضر ذلك في سعينا إلى التكهّن بالمستقبل. وأمّا السمة الثانية التي وسمت تلك التطوّرات البيولوجية فتتمثّل في وزن التطبيقات العمليّة في المجتمع. وكانت الفلاحة والطبّ هدفا لأهمّ البحوث البيولوجيّة وفي نفس الوقت كانت الحياة اليوميّة والتعليم ينزعان إلى عزلهما عن البحث الأكاديمي، من ذلك أنّه في سنة 1970 ما كان يحقّ لأستاذ البيولوجيا في كليّة العلوم ولو نال جائزة نوبل في الفيزيولوجيا والطبّ ما كان يحقّ له التدريس في كليات الطبّ إن لم يكن طبيبا. وكانت البحوث الزراعيّة وقفا على المهندسين الزراعيين. وهكذا بقيت الفجوة بين الطبّ الذي مازال في أغلبه تجريبيّا وبين البيولوجيا النظريّة كبيرة، واسعة، ولكنّ الحال في العلوم الزراعيّة كان أهون بكثير، وبقي علم الأدوية على تخوم الطبّ وقفا على الصيادلة. ونقول بإيجاز إنّ علم

الأحياء انقسم إلى عدّة اختصاصات بل إلى مساحات مقدّسة على رأس كلّ واحدة منها إمام قويّ لا يتردّد في الإطاحة بكلّ من تحدّثه نفسه بتغيير هذا الوضع.

ويجب أن لا نستهين بظاهرة السلطة الأدبيّة الفكريّة لاضطلاعها بدور جوهريّ في العلوم لأنّ دورها هذا سيتمادى وسيزداد وزنه في القرن الواحد والعشرين بفعل وسائل الإعلام المضخّمة لهذه السلطة وبفعل جماعات الضّغط المنظّمة ورجال السياسة والاقتصاد الذي ما انفكّ يزداد أهميّة ومعه الموارد الماليّة والاعتمادات المسندة للبحث. وينضاف إلى هذا الهاجس هاجس آخر هو المعارضة الكامنة في الأديان لكلّ تطوّر علميّ يمكن أن يطول المجال الربّانيّ، وهو أيضا عنصر جوهريّ بالنسبة إلى المستقبل سواء من الناحية البيّنة المعلنة أو من الناحية الضمنيّة المستقرّة في اللاوعي الجماعي.

قنبلة الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين

وفي هذا السياق انفجرت سنة 1953 قنبلة الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين فقد اكتشف بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين باحثان شابان أحدهما بيولوجي هو "جيمس واتسن" J.Watson والثاني فيزيائيّ مختصّ في البلّورات هو "فرانسيس كريك" F.Crick وهذه البنية في صورة لولب مضاعف تتراكم عليه مليارات الجزيئات التي نسمّيها نوكليوتيد. وهذا الجزيء العملاق هو المفتاح بالنسبة إلى علوم الأحياء لأنّه يحمل الجينات المسؤولة عن الوراثة. وبنيته المتشكّلة من لولبين تسمح له بالانقسام إلى جزأين وإعادة بناء العنصر الإدماجي أو التكاملي بعد ذلك. والصّبغيات تتركّب من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وأمّا الجينات فتتركّب من أجزاء من هذا الحامض. وقبل أن نستعرض بسرعة ما انجرّ من نتائج عن هذا الاكتشاف الذي ينطلق منه

اليوم وسينطلق منه في المستقبل أيضا كلّ التقدّم الذي حقّقته البيولوجيا تقريبا. قبل ذلك سنقف لبعض الوقت لعرض ظروف هذا الاكتشاف ومعرفة صاحبيه. إنّ "واتسن" هو الذي خطرت له فكرة أن يدرس الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وهو الذي اقترحها وهو الذي استخلص بعد أن فكّك مركّبات البنية نتائجَها البيولوجيةَ المباشرة. وأمّا "كريك" فساهم بحذقه لتقنية استعمال الأشعة السينيّة واستغلّها لمعرفة البنية اللولبيّة المضاعفة وتأويل أفلام التصوير التي أنجزها "موريس ولكنز" M.Wilkins و"روزلند فرانكلين" R.Franklin [41] ولم يتوقّف دور كريك عند هذا الحدّ. فقد بدأ يفكر كما يفكّر البيولوجيّون. وكان فكره متخفّفا ممّا يثقل أذهانهم من الملاحظات والتجارب البيولوجية. فيسّر عليه ذلك وضع مفاهيم نظرية موحّدة جامعة وهي جديدة كلّ الجدّة وتستعمل بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين. ويمثّل هذا الاتّحاد بين البيولوجيا والفيزياء المتجسّم في تعاون هذين الباحثين نموذجا لا بدّ من الاقتداء به، بل إنّي أرى أنّ هذا التعاون سيكون أحد مفاتيح تطوّر البيولوجيا في القرن الواحد والعشرين.

وأمّا الملاحظة الثانية فتخصّ الرزنامة. وتفصيل ذلك أنّه في سنة 1944 اعتبر ثلاثة باحثين من معهد روكفلير بنيويورك أنّ الصبغيّات مكوّنة من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسيجين لا من البروتينات كما كان يظنّ العلماء. وهم "أفيري" Avery و"ماك ليود" Mac Leod و"ماك كرتي" Me Carthy ولم يحظ عملهم هذا بأيّ اهتمام. وفي سنة 1951 أثبت الباحثان الأمريكيان "هرشاي"

41- أوردت ظروف اكتشاف بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين في كتابي: « قليل من مزيد العلم لكلّ الناس» (باريس فيار 2003). موريس ولكنز وروزليند فرنكلين هما اللذان صوّرا بالأشعّة السينيّة الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وأنجزا الفيلم الخاصّ بذلك. وأما فرنسيس كريك وجيمس واتسن فقد نجحا في تأويل الفيلم وقدحصلا عليه في ما يشبه السرقة.

Hershey و"شاز" Chase عملَ "أسوالد أفيري" وزملائه ووسّعاه. ولكنّ ذلك لم يغيّر شيئا. ولا يوجد في عالم البيولوجيا إلاّ شخص واحد مقتنع بوجاهة هذه الآراء الجديدة، وهو "جيمس وتسن". ولكنّ التيّار لم يكن لصالحه لأنّ الأغلبيّة كانت تعتقد أنّ البروتينات هي محامل الوراثة، ولذلك سافر هذا الشابّ الأمريكي إلى جامعة كمبردج ببريطانيا عساه يكتشف هيكل الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين لأنّ هذه الجامعة مشهورة بقدرتها على تحديد مختلف البنى بواسطة الأشعّة السينيّة. وقد حاول بعضهم ثنيه عن ذلك، ولكنّه كان عنيدا وفي سنة 1953 بعد تسع سنوات من الاكتشاف الذي حقّقه الباحثون في معهد روكفلير وقع نشر بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين في مجلّة "الطبيعة" ولكنّ جمهرة البيولوجيين تجاهلت هذا المقال لخمس سنوات. ممّا يدلّ على أنّها ما زالت غير مهيّأة لقبول هذا التغيّر. ولن يُقدّر الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين حقّ قدره إلاّ ابتداء من 1958 (أي بعد 15 سنة من مقال "أفيري").

وليس من عديم الفائدة أن نفكّر في ما كان يمكن أن يحدث لو وقع ذلك اليوم في الظرف الحالي الذي يتعاطى العلمَ في كلّ المستويات تقريبا والذي تُقيّم فيه النتائج فورا وتحصل الاكتشافات على الاعتمادات المالية إن حظيت بالإشهار الإعلاميّ. وماذا كان يمكن لـ"جيمس وتسن" أن يفعل في هذا العالم والحال أنّه لم يذكر في الأعمال العلميّة طيلة عشرة سنوات. وحال "فرانسيس كريك" أسوأ لأنّه لا ينشر. ولولا تفهّم المدير "لورانس براغ" L.Bragg لوقع طرده من مخبر كافنديش Cavendish وما كان يستطيع طيلة خمس أو سبع سنوات، أن يعدّ تقريرا سنويّا عن نشاطه مدعّما بالمقالات المنشورة كما نطلبه اليوم من

الباحثين في المركز الوطني للبحث العلميّ، وتقييمهم يقع في كلّ سنتين. وقد اختار موضوعا لبحوثه بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين، وأي نفع في ذلك للمجتمع ؟ أليس من الأولى أنْ يهتمّ عمله بالبروتينات ؟ من كان يمكنه أن يتصوّر أن هذه البنية ذات اللّولبين ستكون ثورة في الطبّ والبيولوجيا وعلم الأدوية والفلاحة وستجد فيها البيولوجيا المقطّعةُ الأوصال مناط وحدتها ؟.

البيولوجيا الجزيئيّة

كان لا بدّ من الحدس لاجتياز المرحلة الأولى وذلك هو الذي سمح لفريقين أوروبيين في كمبردج وفي معهد باستور بباريس ثمّ لبعض الفرق الأمريكيّة بالمعهد التكنولوجي بمصشوستش وستنفورد وهارفارد والمعهد التكنولوجي بكاليفورنيا وجامعة كاليفورنيا ببناء البيولوجيا الجزيئيّة. ولذلك كان من الضروري العودة إلى الخلية لكونها وحدة الكائن الحيّ لفهم كيف تحيا في مستوى الجزيء وكيف يقع التوارث وكيف يمكن للجينات وهي متتاليات من الجزيئات، أن تصدر أوامر لبعض العناصر من الخلية لتصنع الجزيئات الجوهرية عند الأحياء وهي البروتينات. وكان من الضروري أيضا فهمُ دور الأنزيمات. وهذه المحفّزات الأحيائية هي أيضا من البروتينات واكتشافُ تصرف الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وتصرّف أحد ذوي قرباه وهو الحامض الرّبو نووي أثناء عمليّة التوالد سواء منها الانقسام الاختزالي أو الانقسام غير المباشر.

ولدراسة ذلك استقرّ الرأي على استعمال إشريكيا القولون على أنّها هي الكائن النموذجي، وهي تتركّب من خليّة واحدة، ونعرف أنّها تتغذّى من السكّر وتعيش في قناتنا الهضميّة وتتكاثر بسرعة هائلة، وذلك هو المطلوب توفّره في الكائنات المختارة للتجربة في مجال الوراثة، وفي هذا الصدد كانت أوروبا في

مثل نشاط أمريكا. ونذكر من الباحثين "كريك" والاسترالي "سيدناي برينر" S.Brenner من جامعة كمبريدج و "جاك مونود" J.Monod و "فرانسوا جاكوب" F.Jacob بمعهد باستور. وكان لكلّ واحد منهم فريقه. وممّا كان أساسيّا ما ثبت من أنّ جميع الكائنات الحيّة سواء منها النباتات أو الحيوانات أو البكتيريا أو الطّحالب تستند فيها الوراثة إلى نفس الناقل أو الحامل وهو الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ذو اللّولب المضاعف. ومن الطّبيعي أنّ الطول والتفاصيل الداخليّة تختلف من الحيوان إلى النبات ولكنّ الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين هو الموجود دائما وهو رمز لوحدة الكائنات الحيّة. وهكذا تكون قد ثبتت نظريّة التطوّر، وظهرت أيضا آلية الطّفرات. لقد كان "لمارك" و "داروين" و "مندال" و "دي فري" De Vries[42] على صواب.

وعلى البيولوجيا أن تعيد بناء نفسها بعكس ما درجت عليه. عليها أن تبدأ من الريبي النووي منقوص الأكسجين، من الأبسط لتفسير المعقّد. وتنوُّعُ الكائن الحيّ إن هو إلاّ اختلاف ينطلق من نفس المفهوم المركزيّ : الحامض الرّيبي النووي منقوص الأكسجين.

ولا شكّ في أنّ هؤلاء الروّاد البارزين في البيولوجيا الجزيئيّة قد اهتزّوا لهذه الاكتشافات العجيبة المتلاحقة. ونعني الحامض الريبي النووي المرسال-الشفرة الوراثية، وصُنعَ الشّريط المتمّم من الرّيبي النووي منقوص الأكسجين، بواسطة بوليميراز الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين، وقد انتشوا لذلك، واغترّوا فظنّوا أنّ جميع أسرار البيولوجيا وغوامضها ستنكشف في سنوات قليلة. ولا ننسى

42 - دي فري (1848-1935) بيولوجي هولندي اكتشف هو الآخر قوانين مندال واخترع آلية التحوّلات.

قول جاك مونود وهو في أوج الانشراح والتّفاؤل : "ما يصحّ على البكتيريا يصحّ على الفيل" ونعرف اليوم أن ذلك ليس صحيحا. والطريق اللازم للمرور من فهم الكائن ذي الخليّة الواحدة كالبكتيريا إلى فهم الكائن متعدّد الخلايا كالحيوانات أو النباتات أطول بكثير ممّا كنّا نتصوّر. ولا بدّ من جهد كبير جدًّا لتبيّنها ورسمها. وفي طفرة التفاؤل بكشف أسرار الحياة غفل جاك مونود تماما عمّا حققته البيولوجيا من تطوّرات وتقدّم قبل أن تنكبّ على العالم المجهريّ. فأعلن في كتابه الشّهير "الصّدفة والضرورة"[43] أنّ التدخّل في الكائن الحيّ ربّما يكون قد أصبح مستحيلا إلى الأبد. وبعد ذلك بخمس سنوات تحقّق أوّل تدخّل في العناصر الوراثيّة. ولا ننسى أنّ "مونود" كان من أخصب الشخصيات العلميّة فكرا وأكثرها تجديدا في مغامرة البيولوجيا الجزيئيّة.

ويجب أن لا تغيب عن أذهاننا هذه الأمثلة العملية المحسوسة فهي تدعونا إلى الحيطة والحذر في تصوّرنا للمستقبل وتبيّن أنّه لا بدّ من أن نترك للعلم والعلماء مجالا أوسع لحريّة الابتكار والخلق. ففي ذلك ما ييسّر ظهور ما لا نتوقّع من الأفكار والمفاهيم. وهي التي تكون مثمرة في الغالب العامّ. ولا شكّ في أنّ العلم لا يخترع الكهرباء من خلال سعيه إلى تحسين الاستنارة بالشّموع (الطلبة في المدرسة الوطنية للإدارة أو في معهد التقنيات يحفظون مثل هذا القول عن ظهر قلب). إلاّ أنّه قريبا منّا، وفي الوقت الذي كانت فيه فرنسا تضع مخطّطا للإعلاميّة بتكوين شركة "بول" Bull التي مثّلت كارثة ماليّة اخترع طالب أمريكي فأرة الحاسوب الشخصي وانتبه طالب أمريكي آخر إلى أنّ البرمجيات هي التي ستصبح مفتاح الإعلاميّة. وكان بعض الفرنسيين ممّن لا نعرفهم اليوم على قاب قوسين من

43 - Le hasard et la nécessité 1973 – Seuil – Paris Jacques Monod

اكتشاف ذلك وصنعوا لغات تقنية ولكنّهم كانوا خارج البرامج المقرّرة. فلم تقع مساعدتهم وتصوّروا ما كان يمكن لفرنسا أن تكون لو كانت هي وطن أبل Apple وميكروسفت Microsoft.

لا بدّ للتخطيط في مجال العلم من الحذر الشديد، فالكثير من الصرامة يقتل ما نريد حفزه وتنشيطه، وهنا يكمن سرّ تقصيرنا الحالي في مجال التجديد. إنّ السرّ في الطاقة الإبداعيّة هو التنوّع والتسامح.

الهندسة البيولوجيّة

بعد أقلّ من خمس سنوات على تكهّن "مونود" المتشائم الذي أوردناه سابقا أجرى ثلاثة أمريكيين أولى التجارب على المجين (أي المجموع الوراثي) وهم "بوايي" Boyer و"بارغ" Berg و"كوهين" Cohen. والحقّ أنّ "مونود" ما أخطأ لأنّه يتصوّر التدخّل في الكائن الحيّ على أنّه من قبيل الجراحة الدّقيقة الآلية وأنّه يمكن أن يستعمل مثلا حزمات من الالكترونات ومبضعا مجهريا. ولكنّ ما اكتشفه الأمريكيون الثلاثة ومن تبعهم يختلف اختلافا كاملا عن هذه المقاربة، إذ بيّنوا أنّ بعض البكتيريات يمكنها أن تتفاعل مع الأحماض الريبية النووية منقوصة الأكسجين الأجنبية وأنّه توجد أنزيمات تسمح باقتطاع أجزاء من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وأنزيمات أخرى تُلصق هذه الأجزاء ببعضها. والأحسن من ذلك أنّه يمكن حتّى أن نحدّد مسبقا المكان الذي سيقع فيه القطع. ومعنى ذلك أنّ الكائن الحيّ هو الذي يتدخّل في الكائن الحيّ. إنّ الهندسة الوراثية نشاط بيولوجي خالص. وهي تستغلّ وحدة الكائنات الحيّة في كلّ مداها كما تستغلّ التجاذبات بين الوحدات المجهريّة من البكتيريات والفيروسات مع الأحماض الرّيبية النووية منقوصة الأكسجين في المتعضيات.

ويجمل بنا، قبل بسط هذه البيولوجيا المتدخلة في الوراثة أن نشير بإيجاز إلى ما كان للبيولوجيا المجهريّة من تأثير منهجي على البيولوجيا كلّها : لقد أدخلت طريقةً جديدة في تصوّر الكائن الحيّ، ومؤدّاها أنّ كلّ شيء يجري على مستوى الجزيء والخليّة، وأنّ كلّ آليات الحياة رهن تفاعلات جزيئية معقّدة وأنّ الكيمياء بالتالي تضطلع بدور جوهريّ في البيولوجيا. وهكذا تغيّرت كيفيّة مزاولة هذا العلم، ولكنّ هذه الكيمياء التي تستعمل جزيئات ضخمة هي كيمياء دقيقة لا تسمح لنا فيها التركيبة الكيميائيّة العامّة لجزيء ما بفهم تصرّفها. وتؤدّي هندسة الجزيئات دورا جوهريّا، ونسمّي ذلك في اللّغة العلميّة بالكيمياء المجسامية. وهكذا فقد تكون البروتينات مثنيّة أو مبسوطة، وقد تردّ الفعل على المؤثّر المواجه لها وقد لا تردّ، وذلك حسب شكلها ولذلك تضاعفت الجهود لتحديد شكل الجزيئات البيولوجية. ونضيف معطى دقيقا آخر ونعني الاقتران بين الجزيئات المرتبط بتوفّر ذرّة واحدة أو بانعدامها، ومن الطبيعي أن تحدث التحوّلات بسهولة أثناء تكاثر الحوامض الريبية النوويّة منقوصة الأكسجين، وقد تحصل بسبب خطإ واحد يقع على تشكيلة واحدة من مليون تشكيلة جزيئيّة، وتجرّ عندئذ إلى تغيير الرسالة الوراثيّة تغييرا جذريّا.

علما المناعة والوراثة

وقد ساق هذا التفكير المعتمد على الجزيء إلى ازدهار عِلمين أساسيين : علم المناعة وعلوم الأعصاب. ولا شكّ في أنّ علم المناعة الذي كان باستور أحد روّاده هو أدعى حقول البيولوجيا إلى الإعجاب والاندهاش. فكيف يتمّ استنفار جيوش من الأجسام المضادّة لمقاومة هذا الدّخيل أو ذاك، هذا الفيروس أو تلك البكتيريا أو أيّ مادّة كيميائيّة بسيطة، إذ لا بدّ من معرفة طبيعتها وكيف يقع

إنهاء هذا الاستنفار؟ ويستحيل أن نتصوّر كيف يمكن لهذه الأجسام المضادّة، وفقا للحالات، أن تُحيّد الدّخيل أو تمنعه من الحركة أو تقضي عليه، والحال أن هذا النشاط هو الذي نعيش بفضله ونتغلّب على الاعتداءات الجرثوميّة أو الفيروسيّة أوحتّى الكيميائيّة.

وهذا النظام يستند في عمله إلى منطق مذهل. والخلايا اللّمفية في الدّم هي التي تصنع الأجسام المضادّة، وهي بمثابة "الجنود الخلويين" الذين يحموننا، وهي مختصّة. وعلى كلّ نوع منها أن يقاوم هدفا معيّنا، ويحتوي بدننا على ما بين 10 و100 مليون جزيء تضطلع بمهمّة الحماية ويختلف بعضها عن بعض.

وبوسع هذه الأجسام المضادّة أن تميّز بين الجزيئات الذاتيّة المتنقلة في الدمّ وبين الجزيئات الدّخيلة المعتدية. وحالما يتمّ تشخيص العدو تضاعف الخلايا اللّمفية في الدّم من إنتاجها لهذه الأجسام لصدّ العدوّ. وحالما يتمّ القضاء على المعتدين يعود عددُ هؤلاء الجنود إلى نسبته العاديّة. وقد تتكفّل الخلايا اللّمفية في الدّم أحيانا هي نفسها بالقضاء على الدّخلاء. ويُعدّ اكتشاف المناعة من أروع الفتوحات التي حقّقتها البيولوجيا في القرن العشرين وبفضل هذا التقدّم أمكن تحديد فصائل الدمّ وبالتالي نقل الدمّ وزرع الأعضاء.

علوم الأعصاب

وأمّا النشاط الثاني الذي حظي بدفع جديد في القرن العشرين فيهمّ دراسة المخ والجهاز العصبي. وعلوم الأعصاب ليست نشاطا جديدا، فقد أشرنا سابقا إلى "غال" Gall وأوّل خريطة لمنطقة المخ ثمّ إلى "بروكا" Broca و"فرنيك" Wernieke ودرسهما لظاهرة انعقاد اللسان. ويمكن أن نذكر أيضا "غلفاني"

Galvani و"هلمهلتز" Helmholtz و"برجي" Berger[44] في القرن التاسع عشر. فهم أوّل من اكتشف النشاط الكهربائيّ المخّي. ولكنّنا لا نشكّ في أنّ القرن العشرين هو الذي سيشهد الانطلاق الحقيقي لهذا العلم الذي سيحتلّ حتما المواقع الأولى في القرن الواحد والعشرين. فقد اكتشف "غلجي" Golgi[45] و"رامون إكاخول" Ramon y Cajol[46] الفائزان بجائزة نوبل للطبّ سنة 1906، اكتشفا شبكة الخلايا العصبيّة الهائلة المتجسّمة في قشرة المخ. وأمكن وصف الخلية العصبيّة وهي الوحدة الأوّليّة، ثمّ تمّت بعد ذلك دراسة الانتشار الكهربائي للسيالة العصبيّة بفضل الانجليزيين "شرنغتون" Sherrington و"أدريان" Adrian و"هكسلي" Huxley و"هودكنغ" Hodgkin[47] وذلك بالتجريب على الحبّار وهو من الرّخويات ويمتاز بخلاياه العصبيّة الكبيرة التي تسهل دراستها. ولكن كيف تتواصل هذه الخلايا الخيطيّة في ما بينها ؟ وكيف تتداول الإشارة الكهربائيّة ؟

---

44 - غالفاني : رجل علم إيطالي اكتشف سنة 1786 أنّ قوائم الضفدعة تنقبض حين يسلّط على أعصابها تفريغة كهربائيّة- وقاس هلمهلتر سنة 1848 انتشار التدفق العصبيّ، أما برجي فقد ثبّت سنة 1929 قطبين كهربائيين في دماغ إنسان فظهرت خشخشة كهربائيّة.

45 - كاميو غلجي (1843-1926) طبيب إيطالي مخترع تقنية تلوين الخلايا العصبيّة بالأسود.

46 - رامون إيكجال (1852-1934) طبيب إسباني هو الذي اكتشف شبكة الأعصاب المتكوّنة من خلايا عصبيّة متداخلة، مترابطة ولكنّها متمايزة، تقاسم سنة 1906 جائزة نوبل للطبّ مع غلجي. وفي خطابه عند تسلّم الجائزة اجتهد ليبيّن إلى أيّ حدّ كان غلجي مخطئا حين اعتقد أنّ الخلايا ليست متمايزة.

47 - راجع كتابي : قليل من مزيد العلم لكلّ الناس.

ويكمن الجواب في اكتشاف الوسائط الكيميائيّة الّذي اشترك فيه "لوي" Loew و"دال" Dale و"ايكلاس" Eccles[48] وظهر أنّ الإشارات الكهربائيّة تتنقل داخل الخلايا بواسطة آليّة كهركيميائيّة هي الأخرى. إلاّ أنّ التواصل بين الخلايا أو بين الخلايا والعضلة من أجل تداول معلومة يتمّ بواسطة وسائط كيميائيّة. وأوّل وسيطين اكتشفا هما : الدوبامين والأستيلكولين. وشرع العلم بدراسته لهذه الوسائط في تفكيك آليات عملها الدقيقة. وفيها بثّ المادّة الكيميائيّة والنّقل وردّ الفعل بواسطة متلقّ. ونعرف اليوم أكثر من عشرين وسيطا كيميائيا. وتبيّن أنّ نشاطها معقـــد جدّا ويشتمل على تفاعلات متعدّدة. وهذا الحقل هو الآن في أوج ازدهاره. وقد أحدث هذا الاكتشاف لثنائيّة المخ الجامعة بين النشاط الكهربائي والنشاط الكيميائي ديناميّة جديدة في علم الأدوية، فاتّجهت الجهود إلى البحث عن مواد كيميائيّة لمعالجة بعض الأمراض كالاكتئاب أو لتحفيز نشاط المخ، وأمكن فهمُ لماذا يشلّ الكورار Curare كلّ الحركة العضليّة بما فيها عضلة القلب. والسبب هو أنّه يعطّل التواصل الكيميائي بين العصب والعضلة. وأمكن كذلك فهمُ لماذا ينشّط النيكوتين حركة المخ الخ...

وفي هذا التحوّل الكبير في أنماط التّفكير الذي عرفته البيولوجيا الجزيئية اضطلع بعض البيولوجيين الجزيئيّين الذين أصبحوا من المختصّين في الأعصاب "كفرنسيس كريك" و"جون بيار شنجو" Changaux أو "جيرالد إيدلمان" G.Edelman (بعد اهتمامه بالمناعة التي نال فيها جائزة نوبل) بدور هامّ جدّا ثمّ وقع بعد ذلك استنباط تقنيات متعدّدة لتصوير المخ مكّنت من رؤيته وهو يعمل.

48 - راجع كتابي : قليل من مزيد العلم لكلّ الناس.

وهذا النشاط الواسع مازال، في بدايته، ولا شكّ في أنّ علوم الأعصاب ستصبح من العلوم البارزة في القرن الواحد والعشرين. وسنفهم أحسن، ولو بقليل، كيف يمكن لهذه الشبكة المتكوّنة من 100 مليار خليّة عصبيّة وكلّ واحدة منها مرتبطة بخمسين خليّة أخرى كيف يمكنها أن تعمل بمثل هذه النّجاعة وبسرعة تداول للمعلومة تتراوح بين 10 و 100 متر في الثانية وأن تكون في بعض المهمّات أفضل من الحاسوب.

المسافة الواجب قطعها...

لنعدْ إلى الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وإلى البيولوجيا الجزيئية. يمكننا منذ البداية أن نتعجّب قائلين: كم من اكتشافات رائعة ! وكم هو طويل الطريق الذي لا يزال معقـّدا أمامنا ! ولا مفرّ من الإقرار بأنّ الحياة سيرورة أكثر تعقيدا من كلّ ما كنّا نتصوّره. ورغم هذه الاكتشافات التي ما تنفكّ تتلاحق وتسطع كألعاب ناريّة ما زلنا بعيدين جدّا عن أن نكون قد فهمنا آليات الحياة الأساسيّة. ولنبسّط الأمر : فقد تمّ اكتشاف الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين، ثمّ اكتشف الفريق الفرنسي "مونود" – "جاكوب" كيفيّة عمل الحامض الرّيبي النووي منقوص الأكسجين القائم بدور المرسال، وظهر أنّ الرسالة الوراثيّة مسجّلة في الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين. إنّ هذا الحامض هو المكتبة، وأمّا الحامض الرّبو نووي فهو جزيء أسرع وأكثر حركة وأصغر بكثير، فهو نسخة من بعض أجزاء الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين أي من الرسائل الوراثيّة، وهو يجتاز النواة الخلويّة وهي الحصن الذي يحمي الكنز الثمين الذي هو الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ويذهب إلى أن يصل إلى الرّباسي وهو مصنع خلويّ صغير للبروتينات فيبلّغه الرّسالة فيشرع هذا المصنع في

صناعة البروتين المعنيّة، وهذه البروتين هي أنزيم يقوم مقام المنشّط. وبذلك ييسّر صُنعَ هذا البروتين أو ذاك الضروريّ للإنسان، وانطلاقا من هناك تتكوّن الخلايا والأنسجة الخ...

كلّ شيء إذن ينطلق من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ومن الكيفيّة التي سُجّلت بها فيه الصفات الوراثيّة، وفي هذا المسعى كان التفاؤل ضروريًا. وقد بدأنا نتحدّث في أوّل الأمر عن الشفرة الجينيّة، وظهر أنّ هذا الحامض يتكوّن من أربعة نكليوتيد تتمثّل في الحروف الأربعة (ATGC) وأنّ البروتينات تتكوّن من تتالي الحوامض الأمينيّة، وعددها عشرون. وهكذا استخلص الباحثون أنّ الرسالة مكتوبة بألفاظ تتألّف من ثلاثة أحرف وأنّ التشكيلات الممكنة تسمح بتبيّن الحوامض الأمينيّة العشرين، ثمّ انطلق العمل بعد ذلك لفكّ شفرة المجين (أي الجينوم) في كائنات حيّة مختلفة. وكان ذلك ممكنا بفضل الهندسة الجزيئيّة. وتقرّر أن تذهب الجهود بعيدا. فانطلق برنامج كبير لفكّ شفرة مجين (أي جينوم) الإنسان. وذلك يمثّل مهمّة ضخمة حقّا لأنّ الإنسان يحتوي على 23 ثنائيّة من الصّبغيات، و يشتمل الصّبغي 1 على 250 مليون من النكليوتيد (الحروف) بينما لا يشتمل الصّبغي 21 و 22 إلاّ على 50 مليونا فقط. وظنّ الباحثون أنّ هذا المشروع سيستغرق بعض العقود من السنين، إلاّ أنّهم فرغوا منه بعد ثلاث سنوات، وتمّ كذلك فكّ رموز المنظومة الجينيّة عند بعض الحيوانات وبعض النباتات، وذلك في نفس الفترة ، وبعض هذه الأعمال من قبيل التّمرين.

وبفضل البحوث عرفنا الكثير عن المنظومة الجينيّة ، عرفنا أنّ 98 % من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين لا تحمل أيّة معلومة وراثيّة، والجينات لا تمثّل بالتالي إلاّ 2 % من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين البشري.

وبين الإنسان والشامبنزي لا يوجد إلاّ فارق 1 % من عدد الجينات. وقد بدا المشروع واعدا جدّا بالنسبة إلى الصيدلة حتّى أنّ شركات خاصّة انطلقت في هذه المغامرة إلى جانب الاتّحادات العالميّة التي تموّلها الحكومات. وقد برز من بين هؤلاء المقاولين في الهندسة الوراثية، شخصان هما : و"ليام هاسلتين" W.Haseltine و"قريق فانتر" Craig Venter وشركته سليرا Celera. ووقع استثمار مليارات الدولارات في شركات التكنولوجيا البيولوجيّة. والـمُتَوقّع من كلّ واحدة منها أن تكتشف دواء جديدا. وبهذه المناسبة نشأت الرابطة الأولى بين البيولوجيا الجزيئية والإعلاميّة بغية تطوير كائنات آليّة قادرة على قسمة سلسلة المجين (تقطيع المجين إلى وحداته الأساسية) واستعمال المناهج الإحصائيّة أيضا لمعرفة الجينات وتحديد "حيّز نشاطها" . لقد كان ذلك مغامرة جبّارة عرفنا بفضلها الكثير ولكنّها خيّبت أيضا آمالنا، فقد ظننّا أنّنا سنتمكّن بفضل فكّ شفرة المجين من معرفة المسؤولة منها عن هذا المرض الوراثي أو ذاك وبالتالي من تعويض الجينة المريضة بجينة سليمة بفضل الهندسة الوراثية. وظننّا أيضا أنّه بالإمكان اكتشاف الجينات المريضة في الطّور الجنيني المبكّر ممّا يتيح إيقاف الحمل وهو في بدايته. إلاّ أنّه اتّضح في الواقع أنّ كلّ ذلك أصعب بكثير ممّا كنّا نتوقّع. وحتّى إن تحقّق بعض النجاح البيّن فإنّ الجزء الأساسي لم يتحقّق بعد. ونقول بكيفيّة أوضح أنّنا كنّا نظنّ أنّنا سنفهم على نحو مفصّل كيفيّة المرور من الحامض النّوويّ إلى الكائن الحيّ. من ذلك أنّنا نعرف كلّ شيء عن دودة مدّورة نسمّيها باختصار : " إلغانس" . ولكنّنا نجهل كيف يتمّ صنع دودة بالإنطلاق من حامضها الريبي النوويّ منقوص الأكسجين. وكنّا نظنّ أنّنا سنتمكّن من الانتصار على أغلب الأمراض. وسنفهم في مجال السرطان ما الّذي يعود إلى الوراثة وما الذي تسبّبت فيه البيئة. والواقع يفرض أن نعترف بأنّه حتّى في هذا الميدان كان النجاح محدودا

وجزئيًا. ولا ننكر أنّ ذلك فتح أبوابا جديدة ولكنّنا ما زلنا بعيدين جدّا عن الآمال التي نغذّيها منذ عشرة أعوام. وهنا أيضا تبيّن أنّ الجينة تمثّل هيكلا معقّدا جدّا وأنّها لا تتكوّن من أجزاء متلاحقة من الحامض النّووي وإنّما هي مقطّعة وتوجَد في قلبها قطع من النكليوتيد. يبدو ظاهريّا أنّها لا تصلح لشيء، إلاّ أنّنا لسنا متأكّدين من ذلك. واكتشفنا أيضا أن نفس الصفة أو نفس المرض تتحكّم فيه العديد من الجينات. والصّورة، وهي أنّ الحامض الرّيبي النووي منقوص الأكسجين هو الذّاكرةُ والحامض الرّيبي النّووي هو المرسال والرّباسي هو المصنعُ لا تترجم الواقع. من ذلك أنّ الحوامض الرّيبية النوويّة تتفاعل في ما بينها ويمكنها أن تلغي مفعول حامض ربو نووي آخر. وقد اتّضح أنّ الجينات لها وظائف معقّدة وأنّ فكرة الروّاد القديمة التي ترى أنّ المورّث= صفة يكذّبها الواقع. بل إنّ بعض الجينات تنسّق وتنظّم عمل جينات أخرى. وممّا فاجأ الباحثين واضطرّوا إلى قبوله أنّ المنظومة الجينيّة عند النباتات العليا أكثر تعقّدا من مثيلاتها في الكثير من الحيوانات، نحن حقّا دون ما توقّعنا بكثير.

مصدر الحياة

بقي مصدر الحياة ؟ فماذا نعرف عن الطريقة التي مكّنت هذه الآليّة الغامضة التي نسمّيها الحياة من أن تولد بالانطلاق من العالم المعدنيّ. ومنذ سنة 1953، منذ تجارب "استنلاي مولر" ظننّا أنّنا بلغنا الهدف. ولكنّ المشكلة بقيت كما هي رغم بعض الخطى الموفّقة.

ففي سنة 1953، ركّب "ستنلاي مولر" و"هارولد أوراي" تجريبيّا بعض الحوامض الأمينيّة[49] بواسطة تفريغات كهربائيّة سلّطاها على غاز له نفس تركيبة جوّ الأرض البدائيّ. وثبت منذ تلك التجربة أنّه يمكن تحقيق هذا الهدف باعتماد العديد من الطرق واستعمال إشعاعات متنوّعة، وعلاوة على ذلك وبفضل علم الفلك الراديوي وتقنياته تمّ اكتشاف جزيئات عضويّة معقّدة في الفضاء الممتدّ بين النجوم، وتمّ العثور على بعض هذه الجزيئات في النّيازك في " هذه الأحجار التي تنزل من السماء". وتسنّى "لكاري موليس" K.Mulles أن يخترع في المخبر تقنية تسمّى .P.C.R أو تفاعل سلسلة البوليميراز وهي تسمح لشريط من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين بتركيب الشّريط المتمّم له على اللّولب المقابل. إلاّ أنّه ما من أحد يعرف كيف يصنع الشريط الأول للحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين نعني الجزءَ الذي انطلقنا منه. وما من أحد أمكنه أن يركب حامضا ريبيا نوويّا منقوص الأكسجين أحيائيا في أنبوب بالانطلاق من ذرّات أو جزيئات غير عضويّة. إنّ الكائن الحيّ ليحافظ على سرّه حتّى الآن. والإنسان يجهل كيف يركّب الحياة. إنّه يعرف كيف يورّثها جنسيّا. وكيف يدرسها، إلاّ أنّه ليس ملمّا بأسرارها الدّقيقة، وذلك هو مستند جميع الأديان في إعلانها أنّ الحياة هبة من الله. وما من شيء يسمح اليوم بدحض ذلك علميّا. ويجب الاكتفاء بملاحظة ذلك. وهنا حقّا يكمن أكبر تحدّ يواجه البيولوجيا في القرن الواحد والعشرين وهو أن تصنع الحياة في المخبر. ونتصوّر الزلزال الايديولوجي الذي يمكن أن يحدث مع مثل هذا الانجاز إن تحقّق ؟

49 - هذه الحوامض هي المركّبات الأوّليّة لأغلب الجزيئات في الكائن الحيّ.

الاستنساخ و النباتات المحوّرة جينيّا

لا يسعنا إلاّ الإقرار بما اتّفق للبيولوجيا الحديثة من تقدّم مدهش. ومن أبرز المنجزات في المجال الفلاحي النباتات الـمُحوَّرة جينيًا والاستنساخ، وفعلا تحقّق على الصعيد النباتيّ التصرُّف في الجزيء على النّحو الذي أنجزه الفلاّحون منذ آلاف السنين بواسطة المزاوجة والاصطفاء، وأمّا الاستنساخ فقد تحقّق لأوّل مرّة على الشّاة دولي Dolly في اسكتلندا. وهو اليوم مستعمل بكثرة وتقع ممارسته على البقر والكلاب والخنازير وغيرها. وقد وجدت الحركات الدينيّة وأنصار البيئة في هذين الخطوتين الرّائعتين موضوعا للمعارضة الشديدة كما فعلوا في ميادين أخرى. واستنساخ الإنسان ممنوع قانونا في كلّ أنحاء العالم تقريبا.

وأمّا الاستنساخ العلاجي المتمثّل في صنع أجنّة والحيلولة دون نموّها واتّخاذها مصدرا يقع التزوّد منه بالخلايا لمداواة هذا العطب أو ذاك فهو ليس محرّما ولكنّه يثير جدلا عنيفا، من ذلك أن "أكسال خان" A.kahn وهو نصير صادق للتطوّر العلميّ يعارضه بحجّة أنّ التجاوزات فيه يمكن أن تفضي إلى استنساخ البشر. وأمّا "هنري أتلان" H.Atlan فهو يناصر هذا الاستنساخ العلاجي. ونرى كيف أن عالمين بدون آراء مسبّقة يقفان على طرفي نقيض من هذه المسألة، ممّا يدلّ على أنّ القضايا صعبة. إلاّ أنّه لا بدّ من التنبيه إلى أنّ تجارب الاستنساخ المجراة على الحيوانات مكّنتنا من معارف كثيرة تخصّ آليات التوالد ودورَ الهيولى (السيتوبلاسم) في البيضة المخصّبة والحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين في المتقدّرات التي تحتوي عليها هذه البيضة. والحقّ أنّه لا توجد نسخة مطابقة تماما للأصل. والمتطابقات لا وجود لها. إنّ المُعطى الجينيّ كلّه ليس كافيا لمعرفة كلّ شيء.

الـخلايـا الـجذعيّة

بدفع من البيولوجيا الجزيئية تسنّى لعلم الأجنّة وبيولوجيا النموّ أن يسجّلا تقدّما مدهشا. ومن مظاهره المسألةُ الأساسيّة التي لا بدّ من تناولها ونعني الخلايا الجذعيّة. فالبيضة الملقـّحة تنمو بالانقسام إلى خليّتين ثمّ إلى أربع فثمان فـ16 فـ32 الخ... فكذلك يتكوّن الجنين ويولد. ويمكن لخلايا هذا الجنين حين يكون عددها 4 أو 8 أو 16 أو 32 أن تنتج سلالات من الخلايا كامنها مختلف. فقد تكون عصبيّة أو قلبيّة أو عضليّة أو عظميّة أو دمويّة. لذلك ننعتها بكونها متعدّدة الكمون. والخلايا التي يتكوّن منها جنين متقدّم إلى حدّ ما تكون سيرورتها أضيق ولكنّها مازالت واسعة. وحتّى هذه الخلايا ننعتها بأنّها كاملة القدرات الكامنة، وحين ندرس بعد ذلك خلايا كائن حيّ نلاحظ حتما أنّه يمكن لبعضها أن تتوالد ولكنّها لا تنتج إلاّ خليّة واحدة. لذلك ننعتها بأنّها آحاديّة الطاقة. وما نجحت فيه البيولوجيا هو أنّها عرفت كيف تأخذ خلايا جنينيّة كاملة القدرات الكامنة وكيف تستنبتها وتجعلها تتكاثر وتوجّه نموّها، وهنا يتبادر إلى الذّهن مباشرة ما يمكن أن تصلح له مثل هذه التقنية، ويمكن التفكير مثلا في زرع هذه الخلايا في عضوّ معطّب لدفعه إلى التجدّد. ولا ننسى في هذا الصدد أن خلايانا تتوالد وتتجدّد بدون انقطاع (حتّى الخلايا العصبيّة تتجدّد ولكن في حدود). ويمكن بالتالي إنشاء طبّ ترميمي يستند إلى هذه التقنية.

إلاّ أننا في ذلك نمسّ الجنين، والكنائس الكاتوليكيّة تعتبر أنّه حالما يقع تلقيح البيضة تصبح مساوية للإنسان ولذلك ترى هذه الكنائس في الإجهاض ما يشبه الجريمة إلى حدّ أنّ الناس لا يتردّدون في جنوب الولايات المتحدة في الاعتداء بالأسلحة الناريّة على منازل الأطبّاء الذين يقومون به. وعمليّة أخذ خلايا جنينيّة ولو كان ذلك لغايات تجريبيّة ممنوعة في فرنسا إلى اليوم !

الحبوب المانعة للحمل

مخترع هذه الحبوب هو "غريغوري بانكوس" G.Pincus. ففي أيّ مكان سنُنزّله في قصّة البيولوجيا في القرن العشرين ؟ وإن كان له من مكان فخارجها أمّا داخلها فلا محلّ له. إنّ الشخص الذي اخترع هذه الحبّة ليس جزءا من الملحمة التي عقبت اكتشاف الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ! وهو طبيب بيولوجي مختصّ في الهرمونات المشتقّــة من الستيرول Stérols. وكان يجمع في عمله بين التجربة ودراسة المرض من خلال المريض ذاته. وهو من نوع "كلود برنار" و"فليمينغ" وغيرهما. وكان منذ ما قبل الحرب مهتمّا بالدورة الهرمونيّة الأنثويّة. وتمكّن صحبة زميله شانغ Chang من إجراء دراسة على العديد من الحيوانات وبفضلها اكتشفا مركّبا كيميائيّا قادرا على تعطيل الإباضة، هو البروجسترون. وتمادى الطبيبان بعد ذلك في إجراء اختبارات سريرية أتت أكلها سنة 1956. و"بانكوس"، وإن تمّ الاعتراف به على أنّه فيزيولوجي كبير ووقع إنتخابه في أكاديميّة العلوم بالولايات المتّحدة، لم ينل جائزة نوبل. وقد خصّص له معجم "لاروس" للأعلام أربعة أسطر هي التالية: "بانكوس قريقوري قودوين"، طبيب أمريكي، "ودباين نيوجرسي" 1903- "بوستن" 1967 صاحب دراسات عن التوالد العذريّ، استنبط سنة 1956 الحبّة المانعة للحمل". وهذا التقديم قصير وقد توفّي في سنّ مبكّرة نسبيّا (64 سنة) ولكنّه لم يتنزّل المنزلة التي يستحقّ. والمسؤول عن ذلك هي كنائس العالم كلّه التي ناصبته العداء. وسيعرف نفس المصير خليفته الفرنسيّ "إتيان بوليو" E.Beaulieu مخترع الجيل الثاني من الحبوب المانعة للحمل. والغريب في ذلك أنّهما هما اللذان حرّرا مليارات من النساء (ومن الرجال) ويسّرا اختراع الآليّة الوحيدة القادرة على تجنّب الانفجار الديمغرافي. إنّهما محرّرا المرأة ومنقذا الكوكب.

ويجسّم مثل "بانكوس" تجسيما جيّدا ما حقّقه الطبّ من تقدّم في القرن العشرين، دون أن يكون ذلك مرتبطا باكتشافات أساسيّة كبيرة. وما عرفه القرن العشرون من الانجازات يفوق كلّ ما عرفه في القرون السابقة. وممّا أتاح له ذلك تعاطيه للمحاولات العلاجيّة الواحدة تلو الأخرى وإجراؤه للبحوث السريريّة الواحد تلو الأخر وجمعه بين الطبّ والجراحة. والسرطان لم يقع التغلّب عليه ولم يوضَع له أيّ تلقيح ولم يخترع أيّ دواء يمكن أن يشفي منه إلاّ أنّه من المتيسّر في بعض الحالات إطالة عمر المريض من خمسين إلى ثمانين سنة، والنتيجة أنّ معدّل الأعمار في فرنسا يزداد بمعدّل شهرين في كلّ سنة. ولعلّ أحسن مثال هو ذاك الذي قدّمه "جون برنار" وهو طبيب كبير وأنسيّ بارز حين قال قبل موته بقليل: "حين ابتدأت طبيبا داخليّا في مصحّة الدمّ كان كلّ الأطفال المصابين بسرطان الدمّ الذين يدخلون يخرجون منها أمواتا. وبعد خمسين سنة كان 70 % منهم يخرجون وقد استعادوا العافية". والحال أنّه لم يقع اكتشاف تلقيح ضدّ سرطان الدمّ ومعنى ذلك أنّ التطوّر الذي سيحصل في القرن الواحد والعشرين سيحقّق فيه البحث الطبّي المتواصل قفزات رصينة متروّية ولكنّها قويّة، ويجمل بنا أن لا ننسى ذلك وإن كنّا عاجزين عن تبيّن طبيعة هذا التطوّر بدقّة.

الأخلاقيّات

ما انفككنا نقول إنّ القرن العشرين شهد بروز كلمة جوهريّة هي : الأخلاقيّات. وقلنا أيضا أنّ الديانة المسيحيّة عارضت في كلّ العصور تقدّم البيولوجيا وقد ازدادت هذه المعارضة شدّة واتّساعا في هذا القرن وكانت موازية لما حصل من رقيّ في هذا العلم.

والحقّ أنّ البيولوجيين قد تساءلوا أيضا عن مدى تلاؤم أبحاثهم مع العصر وقيَمه. وكذلك فعلت النّـظم السياسيّة، ومحرّكهم في ذلك يختلف عن محرّك الكنيسة. ومنذ التجارب الأولى على الجينات اجتمع العلماء من جميع أنحاء العالم في أزلومار سنة 1975، واتّفقوا على وضع ميثاق، وغايتهم أن يتأكّدوا من أنّ تجاربهم على الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين لن تفضي إلى صنع فيروسات قادرة على نشر أوبئة رهيبة.

وبادرت السّلط العموميّة بدفع من المواطنين إلى الانكباب على هذه المسألة، وانضمّت إليها السّلطة الدينيّة. ففي كمبريدج (مسّاشوسات) المدينة التي تؤوي المعهد التكنولوجي وجامعة هرفارد وهما كعبتا البيولوجيا الجديدة اقترح رئيس البلديّة تحريمَ التّجارب على الأحياء. ولكنّ نائب مسّاشوسات "إدوارد كيندي" تصدّى لهذه الحملة فلم تحقّق أهدافها.

وفي الثمانينات كان "فرانسوا ميتران" مدركا لخطورة القضيّة وصعوبتها فكوّن اللّجنة الأخلاقيّة الاستشاريّة وتضمّ علماء وفلاسفة وعلماء اجتماع وقساوسة وأحبار. وهي من أهمّ القرارات التي اتّخذها الرئيس ميتران، وشيئا فشيئا ذهبت جميع البلدان مذهبه. ووقع من الناحية العلميّة إنشاء لجان من المختصّين لمراقبة التجارب المُجراة في هذا المجال ومنها خاصّة : مدى قابليّة هذا الميدان لمنح براءات الاختراع.

فهل يمكن منح براءة اختراع لمن فكّ رموز جزء من المجين (أي الجينوم) ورجّح أن يكون هو المسؤول عن هذا المرض أو ذاك ؟ ثمّ حصل اتّفاق عالمي على أنّ الإنسان ليس موضوع براءة اختراع. ولكن، إن منعنا ذلك فما الذي سيدفع المخابر الصيدليّة إلى تمويل البحث في التكنولوجيا الحيويّة ؟.

تلك هي المواجهة بين الأخلاقيّ والاقتصادي. وتمّ الاتّفاق على أن لا سبيل إلى منح براءة اختراع لاكتشافٍ يخصّ الجينات إلاّ إنْ ساق إلى وضع طريقة تُشفي من مرض معيّن.

ولا نعتبر رغم ذلك أنّ هذه المسألة قد وقع حلّها. ومازال فيها مجال واسع للمعارضة في المستقبل. ومن البيّن، عموما، أنّ القضيّة الأخلاقيّة، كما سنراه لاحقا، ما زالت مفتوحة. ونستنتج من هذا الاستعراض السّريع أنّ البيولوجيا أنشأت اليوم مذهبا لها ومناهج من المرجّح أنْ تسمح لها حقّا بتوسيع مداها وطاقاتها في القرن الواحد والعشرين، إلاّ أنّه من الثابت أنّ هذا التقدّم الممكن سيجد في الممنوعات التي تضعُها الأوساط الدّينيّة وأنصار البيئة ما يعوقه وربّما يوقفه. والتحدّي الأكبر الذّي سيصادف البيولوجيا في القرن الواحد والعشرين يكمن في مدى قدرتها على الصّمود لهذه الضّغوط الجبّارة التي تتعرّض لها. وهي غالبا ما تكون من اللاّمعقول وفي وجوب أنْ تخطّط لعملها.

الفصل الثالث

علـــــوم الأرض

ينطوي تطوّر علوم الأرض على تناقض طريف، إذ احتلّت مكانة مركزيّة في المجتمع وفي الاقتصاد في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، أي في عهد كان فيه العلم لا يعرف شيئا تقريبا عن الظواهر الأساسيّة المتحكّمة في كوكبنا. وكانت وسيلةً لاكتشاف المعادنِ ومناجم الفحم وحقول البترول وبناء القنوات.

ومنذ أربعين سنة عرف هذا النّشاط ازدهارا جبّارا على المستوى العلميّ، إلاّ أنّه خلافا لذلك، تراجعت قيمته الاقتصاديّة إلى حدّ كبير لفترة من الزمن، ثمّ استعاد أهمّيته من جديد.

وعلوم الأرض هي علوم الطّبيعة، وبالتّالي وخلافا لما يقوله بعضهم، احتلّت فيهما التّجربة الصّدارة إلى جانب الرّصد.

وواضع هذه الجيولوجيا المعتمدة على الرّصد والاستنتاج هو الإسكتلندي "هوتون" Hutton[50] وكان ذلك في السنوات الأخيرة من القرن الثامن عشر.

---

50 - جيمس هوتون (1726-1797). مزارع اسكتلندي، كتب سنة 1796 الكتاب المؤسّس للجيولوجيا: نظريّة الأرض.

ويُعدّ البناء الذهنيّ الذي قدّمه هوتون أحد أروع الأبنية وأكثرها أناقة. ولم يكن له في عمله ذاك إلاّ وسائل محدودة منها مطرقة وعدسة مكبّرة، إلاّ أنّه كان دقيق الملاحظة إلى حدّ كبير جدًا. وكان يحسن استعمال الهندسة على نحو حيّ نشيط. وهكذا توصّل إلى إعادة بناء الآليات الأساسيّة التي تحكم الجيولوجيا، ومناهجه وطريقة تفكيره فرضت نفسها عبر القرون.

ولكنّ هذا العمل الجبّار الّذي يجب اعتباره هو المؤسّس للجيولوجيا ألغى التّاريخ، فهو يرى أنّ للزّمن ديمومة لا متناهية تقريبا. وفيها تتكرّر الدّورات الجيولوجيّة وتبقى دائما كما هي.

وممّا سيعزّز هذا الرّفض للزّمن وللتّاريخ في أذهان الجيولوجيين وقوعُ بعض الأحداث الاجتماعيّة السياسيّة، وفعلا ظهرت خصومتان عنيفتان مع الكنسية الأنجليكانيّة، وسببها أنّ التّاريخ الجيولوجي الذي قدّمه "هوتون" لا يتّفق في شيء مع قصّة التّكوين التي وردت في التّوراة. فتاريخه لا بداية له ولا نهاية. وهو زيادة على ذلك يجعل الشّيطان (نذكّر بأنّ قلب الأرض هو الجحيم) يضطلع بدور بناء المادّة (البازلت. القرانيت. الحجارة الأوّليّة) وأمّا الله فينزّله منزلة المُدمّر فهو عامل التعرية والتّهرئة، وهو الباني للحجر الثانوي الرّسوبي، لقد كان الشّيطان، في الدّورة الجيولوجيّة، هو الباري وهو المحرّك. وأمّا المدمّر فهو الله نفسه وذلك أمر لا يُحتمل.

وقد وجدت هذه الجيولوجيا القائمةُ على مناهج "هوتون" ما يكمّلها في استعمال المتحجّرات لوضع قوائم لمختلف الرُّقَع وأنواع التّربة. وكان ذلك في بداية القرن التاسع عشر وبفضل المساهمات الحاسمة التي قدّمها "كوفيي" (1769-1832) بفرنسا و"سميث" (1769-1839) في أنجلترا. وهكذا أصبح هذا

النّشاط علما مفيدا يسمح باكتشاف مناجم الفحم والمعادن التي تتيح بدورها حفرَ القنوات وتهيئةَ الفضاء تحت المدن. ولذلك كان من الضّروريّ أن لا تجد الجيولوجيا ما يعوق عملها كالخصومات الفقهيّة. وترى انجلترا القرن التّاسع عشر أنّ ازدهارها الاقتصادي القائم على الفحم وعلى القنوات المائيّة لنقله أهمّ ممّا يظهر من خصومات بين الجيولوجيين والفقهاء.

وهكذا ركّزت الجيولوجيا جهدها على اعتماد مناهج ملاحظة الأراضي ومشاهدتها وإنشاء الخرائط الجيولوجيّة وعلى الدّراسة المفصّلة للمناطق. فأصبحت علما رصينا جادّا، صلبا ومفيدا للاقتصاد.

إنّ الاقتصاد هو الذي يقود الجيولوجيا. والجيولوجيا التقليديّة لم تعُد تُعنى بكوكبنا الأرض بل بالأراضي. وتخلّت عن رؤيتها الشاملة وعن كلّ بحث في الجذور والأصول لكونها مصدرا للكثير من الجدل والخصومات.

هذا الإدراك للجيولوجيا على أنّها علم مفيد مكرّس لخدمة الاقتصاد وبالتّالي لخدمة مختلف المناطق هو الذي ساد طيلة قرن ونصف.

القرن العشرون

في بداية القرن العشرين كان من الممكن أن تولدَ رؤيةُ جديدة ناجمة عن التطوّر الحاصل في أربع مسائل، ومنها ظهور علم الزلازل، وهو يستعمل الموجات الصّوتيّة التي تصدرها الزّلازل لتحديد البُنى الدّاخليّة لكوكبنا. فهو المعادل بالنّسبة إلى الأرض للمفراس(السكانار) المعتمد على الأصوات الفائقة المستعمَل اليوم لاستكشاف جسم الإنسان. والواضع الأوّل لهذه التّقنية هو

الانجليزي "ريشارد ألدهام R.Oldham[51] " وهو رئيس المصلحة الجيولوجيّة بالهند. ثمّ تطوّرت هذه التقنية بفضل الألمان والانجليز وخاصّة منهم "هرولد جفراي H.Jeffreys " في انجلترا و "ب. قوتنبرغ B.Guttenberg[52] " في ألمانيا. وهكذا تسنّت معرفة بنية الأرض الدّاخليّة، ففي مركزها توجد النّواة وهي كثيفة جدّا ويحيط بها الوشاح ونجد أخيرا طبقة رهيفة جدّا ومتينة هي القشرة، إنّها تحكي تركيبة البيضة المسلوقة، ولا جغرافيا لها، فداخل الكوكب تحت أمريكا مماثل لداخلها تحت أوروبا أو تحت المحيط الهادي. وأمّا عند الجيولوجيين فداخل الكرة الأرضيّة له شكل واحد. ومن الطّبيعيّ أنْ يروْه كذلك فقد تعوّدوا على الجغرافيا وقصروا همّهم على المنطقة المفضّلة عندهم (ولكلّ منطقته) ليبحثوا فيها عن مناجم الفحم أو حقول البترول. وهكذا بقي كلّ واحد من العلمين: الجيولوجيا وفيزياء الأرض جاهلا للآخر طيلة ستّين سنة.

وأمّا الاكتشاف الأساسيّ الثّاني فكان سنة 1910 وصاحبه هو الفرنسيّ "برنار برونهو B.Brunhos[53] " ويتمثّل في المغناطيس في العهود القديمة. وتفصيله أنّ الصخور البركانيّة حين تبرد وتصلب يتحجّر معها الحقل المغناطيسي الموجود في مكان الصّخور وفي زمنها. وأثناء قيسه للحمم المتحجّرة في سلسلة جبال

---

51 - ريشارد ألدهام (1858-1936) هو المخترع لعلم الزلازل وآلة تسجيلها.

52 - ب. قوتنبرغ (1889-1960) ألماني مهاجر إلى الولايات المتّحدة، مؤسّس مخبر الزّلازل بمعهد التكنولوجيا بكاليفورنيا– هارولد جفراي (1891-1989) رياضي انجليزي. هما العلمان العالميّان في مجال الزّلازل حتّى سنة 1960.

53 - برنار برونهو (1867-1910) مدير معهد فيزياء الأرض في كلرمون فرّان Clermont Ferrand اكتشف سنة 1910 في حمم البراكين بأوفرنيو Auvergne أنّ الحقل المغناطيسي الأرضي معكوس. يجب أن لا تخلطوا بينه وبين الجغرافي جون برونهو.

البوي Puys بالأوفرنيو وهي ذات أعمار مختلفة اكتشف أنّ الحقل المغناطيسي الذي كان سائدا في الماضي قد انعكس فأصبح القطب الشمالي هو القطب الجنوبيّ، والعكس بالعكس. لقد تاهت البوصلة، أليس ذلك عجيبا ؟ وكان يجب أن يُكافأ هذا الاكتشافُ بجائزة نوبل إلاّ أنّ ذلك لم يحصل. لقد اكتفى النّاس بالتعجّب.. ثمّ نسوا، خاصّة وقد كانوا مفتونين إذ ذاك بفيزياء اللاّمتناهي الصّغر. فلتذهبْ فيزياء الأرض إلى الجحيم. والحقّ أنّ هذا الاكتشاف الذي سيتّضح لاحقا أنّه أساسيّ بقي شبه مجهول طيلة نصف قرن تقريبا.

وأمّا الخطوة الثالثة الجوهريّة فتتجسّد في الاقتراح الذي قدّمه "بيار كوري" P.Curie و "أرنست روثرفورد" ويقضي باستعمال النّشاط الإشعاعيّ لتحديد عمر الحجارة. وأوّل عمليّة تقديريّة فعليّة أجراها روثرفورد سنة 1907 وهنا أيضا لم ينتبه الجيولوجيون إلى ما لهم من عظيم الفائدة في استعمال هذه الأداة العجيبة لقيس العصور الجيولوجيّة إلاّ بعد خمسين سنة.

وأخيرا وفي نفس هذه السنة 1910 بسط "ألفراد وَجْنار" A.Wegener[54] نظريته القائلة بطفاوة القارّات. وخلافا لما سيدّعيه معارضوه لاحقا كانت حججه وجيهة. ومنها أوّلا التكامل في أشكال الشواطئ على جانبي المحيط الأطلسي جنوبا (التّزاوج في الشكل بين خليج الكونغو والسّاحل البرازيلي المكوّر). ومنها أيضا التّواصل الجيولوجي بين الكيانات الجيولوجيّة في ما بين البرازيل وإفريقيا وتحديدُ المناطق الممثّلة لأشكال الحياة في العصور القديمة ومنها أخيرا وضعُ خرائط للعصر الجليدي الكمبري. وهو يخصّ إفريقيا والهند وأستراليا وأمريكا الجنوبيّة.

---

54 - ألفراد وجنار (1881-1930) عالم أرصاد ألمانيّ اهتمّ بالجيولوجيا، واقترح نظريّة طفاوة القارّات سنة 1910. رفض الجيولوجيون وفيزيائيو الأرض هذه النظريّة إذ ذاك.

ورغم ذلك رفض الجيولوجيون هذه الأطروحة بعنف. وكان فيزيائيو الأرض أشدّ معارضة لأنّها، في رأيهم، مناقضة لقوانين الميكانيكا !

علوم الأرض حتّى سنة 1960

فرضت الجيولوجيا نفسها على أنّها علم محدّد للتطوّر الاقتصادي. وممّا دعّمها في ذلك أنّ البترول الذي اكتُشف صدفة سنة 1859 اكتسى أهميّة كبرى في بداية القرن العشرين مع ظهور السيّارات الأولى التي صمّمها الروّاد مثل "ديملير" Daimler و "بنهارد" Panhard و " لفسّور" Le Vasseur و "بيجو" Peugeot. وفي ذلك تحدّ جديد للجيولوجيا، وهو أنْ تجدَ البترول. فتطوّرت عملياتُ التّنقيب واتّخذت لها هدفين : الحقول النفطيّة والموادّ المعدنيّة.

وهكذا أصبحت الخريطة الجيولوجيّة مشغلا رئيسيّا. وعليها أن تكون حسب الجهات وحسب البلدان ثمّ حسب العالم كلّه. إلاّ أنّ هذا التوسّع التدريجي في الخرائط الجيولوجيّة لم يسُق إلى الشعور بالوحدانيّة بل أدّى إلى عكس ذلك إلى الإحساس بالتنوّع الكبير. وكان الاهتمام منصبّا على التصنيف والتّعميم لا على الفهم !. لقد اختفى الفهم وراء التصنيف، ويظهر بجلاء أنّ هذا الطريق يتوازى مع ذاك الذي سلكته البيولوجيا.

إنّ الهدف هو تصنيفُ مَواطن المعادن ومناجم الفحم وحقول البترول، وربطُها ببنى جيولوجيّة أو بكيانات جبليّة صخريّة نمطيّة حتّى يتسنّى البحث فيها. وكانت مساهمات البلدان في هذا النّشاط متفاوتة، من ذلك أنّ الاتّحاد السوفياتي أنشأ وزارة للجيولوجيا وشرع في التنقيب في كلّ مكان من هذا البلد الشّاسع، وروسيا الحاليّة تجني الآن ثمار ذاك العمل من خلال حقولها النفطيّة والغازيّة ومناجم

الماسّ والمعادن المختلفة التي وقع اكتشافها بصبر وأناة. والبريطانيون أيضا كانوا في منتهى النّجاعة، وبفضل "هوتون" و"ليال" Lyell اللّـذين اخترعا الجيولوجيا وبفضل "سميث" الذي اخترع الجيولوجيا التطبيقيّة بقي هذا العلم نشاطا نبيلا في الجامعات البريطانيّة. والجيولوجيون الانجليز كانوا على الدّوام ذوي كفاءة عالية. ويتجلّى ذلك في الاكتشافات المنجميّة في إفريقيا الجنوبيّة واستراليا وكندا والهند. وهي مصدر ثروة هذه البلدان وأمّا الجهد الفرنسي في إفريقيا الغربيّة أو الجهد البرتغالي في البرازيل فهما محدودان جدّا رغم أنّ الظروف الجيولوجيّة في هذه البلدان هي نفسها تلك التي توجد في بلدان "الكومنولث" وأنّ الطاقاتِ المنجميّة هي هي تقريبا.

وخلافا لطبيعتها بقيت فيزياء الأرض لزمن طويل متقيّدة بأهداف علميّة خالصة. فكان علم الزّلازل يدرس بنية كوكبنا الدّاخليّة مستعينا بقياس الجاذبيّة. وكان المغناطيس منشغلا بالنّظر في مصدر الحقل المغناطيسي الأرضيّ إلى أن اكتشف أنّ نواة الأرض هي المصدر. وبعد الحرب فقط وفي سياق النّشاط النّفطي تطوّرت فيزياء الأرض التطبيقيّة، وتركّزت على علم الزّلازل المصطَنَعة[55] وعلى دراسة الخصائص الفيزيائيّة للصّخور من خلال عمليات الحفر والتنقيب. ومن هذه التقنية كانت ثروة الإخوة شلومبرجر Schlumberger.

إنّ الجيولوجيا وفيزياء الأرض علمان يهتمّان بالأرض، إلاّ أنّ كلا منهما كان يتجاهل الآخر حتّى السبعينات. والجيولوجيون يهتمّون بالقشرة الصخريّة الدّقيقة التي تمثّل سطح الأرض. وأمّا فيزيائيو الأرض فيدرسون داخل الأرض. ولم تكن لأيّ منهما صلة بالآخر ! وحتّى في التنقيب عن النفط الذي يمثّل محلّ اهتمام

---

55 - يقوم هذا العلم على دراسة الموجات الصّادرة عن انفجارات أو اصطدامات مصطنعة.

مشترك بينهما لم يتيسّر لهما الاجتماع والتّعاون ! وتُعَدّ الأولى علما طبيعيّا وأمّا الثانية فهي علم فيزيائيّ يستعمل الرّياضيات وهو بالتالي علم نبيل.

كان هذان العلمان إذن يتطوّران كلّ في ميدانه ولكلّ واحد منهما أهدافه الخاصّة. وقد حقّق الجيولوجيون تقدّما كبيرا في تحديد تاريخ التّربة. وكان ذلك في أوّل الأمر بفضل ازدهار علم الإحاثة المجهريّ ثمّ انضاف التأريخ المعتمد على الإشعاعات أو على المغناطيس الأحفوريّ. وهكذا عرف العلم أنّ عمر الأرض يبلغ 4.5 مليار سنة وأنّ رقاع الأرض التي يدرسها الجيولوجيون لا يتجاوز عمرها 500 مليون سنة، ولكنّهم لا يضيقون لذلك. وبعد الحرب دُرِسَت بعناية أعماقُ المحيطات وطبيعةُ الصّخور التي تغطّيها ففي ذلك ما يمكن أن تستفيد منه الغوّاصاتُ. ومن الغريب أنّ علم المحيطات كان هو الميدان الوحيد الذي تعاون فيه الجيولوجيون وفيزيائيو الأرض. والسرّ في ذلك هو القرب بين البعثات العاملة في البحر. إلاّ أنّه لا بدّ من أن نضيف أنّه حتّى في هذا المجال كان النّشاط مقتصرا على وضع الخرائط وتصنيف الملاحظات (خرائط التّضاريس والمترسّبات، والخرائط المغناطيسيّة).

ثورة تكتونيّة الصّفائح

تمثّل ولادة تكتونيّةِ الصّفائح في علوم الأرض ما يمثّله اكتشاف بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين في البيولوجيا. وهما يتشابهان من وجوه عديدة فعلا. لقد وجدت البيولوجيا المبدأ الموحّد لها. وكذلك الجيولوجيا. فلنذكرْ إذن بأسس التكتونيّة.

تكسو سطح الأرض صفائحُ مكوّرة يبلغ سمكها من 60 إلى 100 كلم وهذه الصفائح الصّلبة تتجدّد باستمرار وهي تتكوّن عند خطوط القمّة، وتطفو كزربيّة

عائمة وتنغرس في الوشاح في مناطق الحُفر العميقة في أعماق المحيطات. وبسبب ذلك تتغيّر هندسة هذه الصفائح باستمرار. والقارّات تستند إلى هذه الصفائح وتتحرّك معها ولكنّ الوشاح لا يبتلعها. فتبقى دائما على السّطح شاهدة على تاريخ الأرض. وقد غنمت علوم الأرض من هذا النموذج غنما مضاعفا، أوّلُها هو أنّه مكّنها من أن تشرحَ في شكل واحد ظواهر جيولوجيّة متفرّقة. ونعني خريطة البراكين وخريطة الزّلازل وتركيبة المحيطات وتكوُّن الجبال وتوزيع دفق الحرارة الصّادرة من أعماق كوكبنا والأرصاد المغناطيسيّة لقاع المحيطات الخ... لقد تمّ التأليف الرّائع بين ظواهر كنّا نظنّ أنْ لا صلة بينها.

والغُنم الثاني الذي لا يقلّ أهميّة عن السّابق أنّ هذا المبدأ التكتونيّ جمع كلّ علوم الأرض وما فيها من اختصاصات حول مشروع واحد. ومنها خاصّة الجيولوجيا وفيزياء الأرض. والجفوة بينهما قد استمرّت لقرنين، إلاّ أنّه لا بدّ من التّذكير بأنّ كلّ جمهرة العلماء تقريبا عارضت هذه النظريّة، وكانت لها في ذلك حجج مختلفة. فقد رفضها بعضهم سنة 1910 وبعضهم سنة 1960 أي بعد نصف قرن من ظهورها. ففي فرنسا مثلا كان لا يناصرها سنة 1966 إلاّ جيولوجيّان وأنا ثالثهم. وكنّا موضعَ سبّ تقريبا، ومحلّ تهديد من جمهرة العلماء في ذلك التّاريخ. وكانوا يتوعّدوننا بالقضاء على مستقبلنا. ودامت الخصومة ستّ سنوات، وكان المعتنقون الجُدد يتتابعون وغالبا ما يصبحون من غُلاة الأنصار لهذه النظريّة، ومنهم "كزافيي لوبيشون" X.Le Pichon وسرعان ما ظهر أنّه لا بدّ من تحسين الشّكل الأوّلي بإضافة النّقاط السّاخنة. وهي نشاط بركانيّ نابع من أعماق الأرض ويبدو مستقلاّ ظاهريّا عن حركة الصّفائح وإضافة التّصادم بين القارّات أيضا. لأنّ هذه الاصطدامات هي التي أنشأت أعلى الجبال ومنها الهيمالايا والألب.

الآفـاق و حـالات الـفـشـل

تجسّم تكتونيّة الصفائح مبدأ رائعا يسمح للعلم بأن يجمع في إطار واحد مئات الوقائع والأرصاد المتفرّقة التي لم ينتبه إلى وجوه التواصل بينها. فهل توجد صلة مثلا بين طفاوة استراليا وبروز حيوانات تختصّ بها هذه القارّة كالكنغر أو بين حدوث الزلازل العنيفة وسلسلة جبال الأنديس ؟ ولماذا لا توجد البراكين في قلب الحوض الباريسي ؟ ويبدو كما حصل مع الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين إلى حدّ ما، أنّ هذه النظريّة لم توفــّر ما كنّا نترقّبه منها من النتائج. وأوّل ذلك أنّنا إلى حدّ اليوم ما زلنا لا نعرف بدقّة أسباب هذه التكتونيّة وآلياتها. وهي إلى ذلك لم يكن لها إلاّ تأثير محدود على التطبيقات الاقتصاديّة لعلوم الأرض، وهذا فشل مضاعف ذريع.

وقد استقرّ الرأي، منذ ثلاثين عاما، على أنّ مصدر تكتونيّة الصّفائح يوجد داخل الكوكب. وأنّ هذا الوسط الداخليّ الذي نسمّيه الوشاح ويبدو صلبا ظاهريّا يتصرّف تصرّف وسط مائع حقيقيّ. وفي ما عدا ذلك ورغم إنفاق المليارات في ساعات العمل على الحاسوب أو في وضع النماذج التي ما تنفكّ تتعقّد مازلنا لا نعرف كيف تتحوّل حركات الكوكب الدّاخليّة إلى تكتونيّة الصّفائح في مستوى السّطح.

ويتجلّى الفشل الثاني في أنّ هذه التكتونيّة لم تغيّر تغييرا جذريّا ثوريّا لا استكشافَ المعادن ولا التّنقيبَ عن الماء أو عن النّفط. صحيح أنّنا عملنا وصنّفنا المناجم حسب خصائص الصفيحة المعنيّة ومقامها، ولكنّ طرائق التنقيب لم تتغيّر إلاّ في حدود. فماذا كان يفعل إذن المختصّون في علوم الأرض منذ ثلاثين سنة؟ هل هم على هذه الدرجة من انعدام الجدوى التي قد نستخلصها من هذه الجمل ؟

والحقّ أنْ لا. لأنّ التقدّم وقع في مجال آخر، مجال تطوير المناهج في كلّ اختصاص والعناية بما ظهر من مراكز اهتمام جديدة ومبادئ جديدة.

غزو القمر و المغامرة الفضائيّة

المغامرة ويمكن أن نقول الملحمة الفضائيّة لم تنطلق في ذلك اليوم من جويلية 1969 الذي شهد "نايل ارمسترونغ" يضع قدَمه على سطح القمر، إلاّ أنّه لا بدّ من أن نضع على ذلك اليوم علامة بيضاء بيّنة لما سيكون له من عظيم الآثار، وذلك لأنّ ريادة القمر ليست مغامرة فلكيّة وإنّما هي برنامج جيولوجي وقد طبّقنا على هذا الكوكب نفس مناهج ووسائل التّفكير المطبّقة على الأرض. وجنينا من ذلك توسيعَ حقل اهتمام علوم الأرض.

ولأوّل مرّة وقع تنزيلُ الأرض في مكانها بين الكواكب واكتملت هذه الرّؤية بفضل المهمّات المنجَزة على المرّيخ، والزّهرة، وعطارد، وهي التي مكّنتنا من صُوَر تظهر عليها بوضوح البُنى الجيولوجيّة. ومن الطبيعي أن تكثر الأسئلة، فمن أين جاء القمر ؟ وهل هو أكبر سنّا أو أصغر من الأرض ؟ وهذه الفوهات الكثيرة التي خلّفتْها الاصطداماتُ على أديمه ماذا تعني ؟ وتقنيات الجيولوجيا التّقليديّة المتمثّلة في التكتونيّة وتحديد الطّبقات لم تعد مؤهّلة لمعالجة هذه القضايا.

وهنا سيشهد المجال الاستكشافي بروز الجيولوجيا النّظيريّة. والنّظائر تسمح بتحديد تاريخ الحجارة ومعرفة مصدرها بل وحتّى مصدر مكوّناتها الكيميائيّة وأين وُلدت هذه المكوّناتُ.

وبروز الجيولوجيا النّظيريّة مُواز لدراسة الرّقَع الأرضيّة القديمة التي يتراوح عمرها بين 550 و 3.800 مليون سنة والتي يمكن اليوم تحديدُ تاريخها بكلّ دقّة.

وانتبه العلمُ كذلك إلى أنّه يوجَد فوق الأرض كنز يمكّن من فهم التّاريخ القديم لنظامنا الشّمسيّ. وهو النّيازك، وهذه الأحجار الوافدة من السّماء إنْ هي إلاّ بقايا من الموادّ الأولى التي تكوّنت منذ 4.5 مليار سنة حين كانت الشمسُ بصدد التكوّن والكواكب لم تولَد بعد.

وفهم العلم بعد ذلك أنّ كلّ هذه النّظائر هي "متحجّرات كيميائيّة" هي شهود على الحوادث الكيميائيّة التي تعاقبت منذ بداية الكون. وقد تطوّرت الجيولوجيا الكلاسيكيّة بمساعدة المتحجّرات البيولوجيّة بينما تطوّرت الجيولوجيا الحديثة بواسطة المتحجّرات الكيميائيّة المتمثّلة في النّظائر.

احتلال الكيمياء لعلوم الأرض

وكان من نتائج هذا المسعى النّاظرِ إلى الكوكب في كلّيته أنْ تغيّرت طريقةُ التّفكير في علوم الأرض. فبدَلَ التفكير البسيط في الظّواهر الطبيعيّة بوصفها وتصنيفها اجتهدت هذه العلومُ لتشريح كلّ ذلك حسب طرائق التفكير السّائدة في الكيمياء والفيزياء. وعندئذ بدت الأرض وكأنّها مصنع كيميائيّ ضخم يجمع ويفرّق بين العناصر الكيميائيّة ويُركّب الموادّ ويفكّكها وينقلها ويحوّلها.

لقد أصبحت قصّة الكون مغامرة كيميائيّة هائلة. وشرح لنا علماء الفلك كيف نشأت العناصر الكيميائيّة في صلب النّجوم. وأفلح الكيميائيون بالاستناد إلى التقنيات الدّقيقة لتحليل النّظائر في العثور من جديد على شهادات على مختلف آليات تكوُّن العناصر الكيميائيّة. فأثبتوا بذلك نظريات الفيزيائيين الفلكيين ودقّقوها، لقد عرفنا أنّ ما ألقت به انفجاراتُ السوبر نوفا العملاقة من مادّة في الفضاء تجمّعَ من جديد مشكّلا غيوما تمتدّ في ما بين النّجوم ثمّ انقبضت هذه الغيومُ وتكثّفت واستحالت إلى نجوم جديدة ومن حولها الكواكب.

وبالاستعانة بدراسة النّيازك تمّ استنباطُ مناهج تحليليّة قويّة مستعارة من الفيزياء النّوويّة سمحت بتصميم سيناريوات تراعي وتستوعب المئات من الأرصاد المتفرّقة. وهكذا نشأ مبدأ جديد يخصّ تكوُّن الكواكب. فعرفنا على وجه التقريب كيف ظهرت الكواكبُ بالانطلاق من طبق كوكبيّ من الغبار والغاز يدور حول الشّمس وهي بصدد التكوّن.

إنّ الكيمياء هي التي أتاحت لنا أن نفهم كيف تحوّلت المادّة الغازيّة إلى حبّات من الغبار ثمّ إلى صخور وكيف نشأ كوكبُنا وسببَ احتوائه على نواة متكوّنة من الحديد والنيكال يحيط بها وشاح مصنوع من السّيليكات وسرّ القشرة الرقيقة التي تغطّي سطحه ولماذا يشتمل على المحيطات ويلفّه كلّه غلاف جوّي.

وقد أثبت العلماء أنّ مليونا واحدا أو مليوني سنة تكفي لصناعة أجسام مماثلة لمختلف النّيازك. أمّا إنهاءُ صناعة كوكب صخريّ في حجم الأرض فيحتاج إلى 120 مليون سنة، وإذ ذاك اكتسبت الأرض بنيتها الحالية.

ويجب أن لا يغيب عنّا حجم الثورة التي حدثت في الأذهان بسبب تكتونيّة الصّفائح وريادةِ الكواكب. فقبل ذلك كان الباحثون يدرسون 500 مليون سنة مسجّلة على ثلث مساحة الأرض أي القارّات، ثمّ وسّعت التكتونيّة المجالَ بإضافتها للمحيطات التي أصبحت محرّك التّغيير، ثمّ جاءت ريادةُ الفضاء فوسّعت المجال الماديّ الموضوعيّ بضربه في عشرة تقريبا. إنّ موضوع الدّرس إذن هو الأرض في كلّ مداها وكلّ تاريخها، وقد حصل نفس الشيء مع البيولوجيا إذ اكتشفت هي أيضا وفي نفس الفترة تقريبا أنّ موضوعها هو الحياة لا هذا الحيوان أو ذاك أو هذه النّبتة أو تلك.

وفي ما بين هذا الاتّجاه من البحث الذي يتّبع تكتونيّةَ الصّفائح وذاك الذي يستند إلى الرؤية الكونيّة والتاريخيّة التي أفرزتْها ريادةُ القمر وبروز كيمياء الأرض النظيريّة كان من الطّبيعيّ أن تظهر رؤية جامعة مؤلّفة، وهي التي نسمّيها بـ "ديناميّة الأرض الكيميائيّة". ومهمّتها أن تدرس تاريخ الأرض وبنيتَها وتُعاملَها على أنّها مصنع كيميائيّ هائل تكون فيه عملياتُ النّقل والتحويل بالقرب من السّطح، سطح الأرض موكولة إلى تكتونيّة الصّفائح. وأمّا الأدوات الرّاسمةُ المستعمَلَة فهي نظائر للعناصر التي تكوّنت بفعل النّشاط الإشعاعيّ : والميدان المقصود بالدّرس هو مصدر العناصر حتّى يومنا هذا. ومن نقاط القوّة في هذه المقاربة التي تقتضي عمليات قيس دقيقة جدًا أنّها تسمح بإنجاز النّمذجة الكميّة وهي نمذجة تجمع بين النظريّة والرّصد.

الأقمار الصّناعيّة وازدهار علم المحيطات والرّصد الجوّي

لا شكّ في أنّ أبرز النّتائج المنجزة عن المغامرة الفضائيّة هو إنجاز الأقمار الاصطناعيّة، ومنها أقمار المواصلات التي يسّرت عولمة المواصلات، ومنها أيضا أقمارُ الرّصد والمراقبة ونعني المراقبة العسكريّة التي تُعتبر حربُ الخليج إعلانا رسميّا عنها وكذلك المراقبة العلميّة للأرض. وقد ساقت هذه الأقمارُ علْمين راكدين إلى التجدّد وهما علم المحيطات والرّصد الجوّي، ومعه قرينه المشتقّ منه وهو علم المناخ. وتفسيرُ ذلك، أنّه خلافا لداخل الكوكب حيث تقاس الحركةُ بالسنتيمترات في السّنة وتقاس التقلّبات الجويّة بالأمتار في الثانية وتقلّبات سطح المحيط بالسنتيمترات في الثانية، فإنّه من الضروريّ، إن شئنا لرؤيتنا أن تكون ناجعة أن نكون قادرين على رصْد الكوكب في كلّيته وبكيفيّة متواصلة وفي نفس الوقت وتَتَبّع سيره خطوة خطوة.

صحيح أنّنا بنينا محطّات للرّصد الجوّي على مجمل سطح الأرض ولكنّها ليست كافية وإن كانت ضروريّة. والحال أعسر مع المحيطات، وفعلا كيف السبيل إلى مراقبة سائل ليس شفيفا بالنسبة إلى الضّوء ويبلغ معدّل سمكه 4 كلم ؟ ولا شكّ في أنّ الرّصد من الفضاء يفتح نافذة جبّارة لا تمثّل الحلّ المنشود ولكنّها مرحلة جوهريّة حاسمة في ما يخصّ الجوّ. وذلك هو ما نلاحظه كلّ يوم بالنسبة إلى الرّصد الجوّي. وأمّا بالنسبة إلى المناخ فسنلمسه شيئا فشيئا.

وأمّا القفزة الثانية فتتجسّم بدون أدنى شكّ في استعمال الحواسيب التي غيّرت الوضع بعمق إلى حدّ أنّه يمكن أن نقول أنّه قبل الحاسوب وتقنيات الفضاء كانت علومُ الجوّ مضطرّة إلى الرّكود، وإن اعتبرنا الأقمارَ الصناعيّةَ وليدة الحاسوب (وذلك صحيح) جاز ردّ النّهضة التي عرفتْها هذه العلومُ إلى الحاسوب مباشرة.

بقي أن نشير إلى قفزة عظيمة أخرى وهي من القبيل النّظريّ المفهوميّ وصاحبها هو "ادوارد لورنتز" E.Lorenz من معهد التكنولوجيا بمسّاشوسات. فقد انطلق في السّبعينات من محاكاة بسيطة أجراها على حاسوب بسيط جدّا فاكتشف أنّه يستحيل التكهّن بالطّقس قبل أكثر من خمسة أيّام لأنّ المعادلات المتحكمة في تقلّبات الطّقس هي بطبيعتها غير ثابتة وهي رهن عوامل صغيرة جدّا. وأورد لورنز لتجسيم ذلك مثالا رمزيّا هو مفعول الفراشة، ويعني أنّ طيَرَانَ فراشةٍ اليوم قد يكفي لتغيير الحالة التي سيكون عليها الطّقس في مكان ما بعد ستّة أشهر ! ومثّل هذا الاكتشافُ صدمة عنيفة لجمهرة علماء الرّصد الجوّي، ففي الوقت الذي توفّرت فيه، أخيرا، وسائل تقنية (الحواسيب والأقمار الاصطناعيّة) للتكهّن بالطّقس وذلك مطمح أساسيّ بالنسبة إلى هذا العلم، ها هو أحدهم وهو نفسه من المختصّين فيه يعلن أن الطّقس لا يمكن التكهّن به، ولا شكّ في أنّ هذا

الحادث الذي ستكون له انعكاسات عميقة على كلّ العلوم هو الذي دفع علماء الرّصد الجوّي إلى أن يصبحوا علماء في المناخ. وحلمهم الوهمي ما يزال معهم وهو التكهّن بالمستقبل.

وأمّا التقدّم الأساسيّ الثاني في علوم الجوّ فيتجسّم في إدخال الكيمياء. فقد ثبت أن التفاعلَ بين الإشعاع الشّمسي ومشتقّاته من جهة ومختلف جزيئات الجوّ من جهة ثانية يؤدّي دورا بيّنا في توازن الجوّ الحراريّ. وذلك تطبيق مباشر للميكانيكا الكميّة وللعلاقات القائمة بين الضّوء والمادّة. وقد أصبحت هذه المسألة هامّة حين تبيّن أنّ مقادير ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) في الجوّ تزداد بفعل النّشاط البشريّ، وأنّ الأزوت (O_3) الموجود على علوّ 30 كلم يندثر في الخريف فوق القطب المتجمّد الجنوبيّ. ويمكن أن نقول إنّ الكيمياء الجويّة بدأت تزدهر منذ تلك اللحظة. وإنْ تمزّقت طبقة الأوزون فإنّ الأشعّة فوق البنفسجيّة الصّادرة من الشّمس ستصل إلى سطح الأرض بقوّة شديدة. ويمكن للنّتائج البيولوجيّة أن تكون كارثيّة (سرطان الجلد، تحوّلات غير طبيعيّة الخ...).

وثاني أوكسيد الكربون من غازات الانحباس الحراريّ أي إنّه يشدّ الأشعّة تحت الحمراء التي تعيد الأرضُ إصدارَها عند تلقيها لأشعّة الشمس. وإن ازدادت كمّيتُه ازدادت الحرارة على سطح الأرض، ممّا سيجرّ إلى ذوبان الجليد في القطبين وبالتالي إلى ارتفاع مستوى البحر.

ولذلك بادرت جمهرة العلماء في الكيمياء الجويّة إلى استنفار المسؤولين السياسيين متكهّنة بحدوث كارثة عالميّة يتسبّب فيها النّشاط البشري، ووضعوا نظريّات تخصّ تطوّر المناخ بدون تثبُّت فعلي أو مراقبة. وانطلقوا بالاستناد إلى الإعلاميّة في تكهّنات تنذر بالويل والثبور متجنّبين الإشارة إلى ما تنجرّ إليه

حساباتهم المبسّطة من أخطاء كبيرة وانعدام التثبّت، ذلك أنّه ليس من السّهل نمذجةُ نظام في مثل تعقيد الجوّ. والأعجب أنّهم أهملوا تماما في معطياتهم ظواهر الفوضى التي اكتشفها لورانز وأعلنوا أنّه يمكن التكهّن بالتقلّبات الجويّة على المدى الطّويل على نحو دقيق. وأرى أنّه من الغريب أن يطلبوا من السياسيين تزكيتهم في هذه المعارف المشكوك فيها وأن يفلحوا في ذلك. ولا مُنازع في أنّ ذلك هو نجاحهم الأكبر.

المناخ في العهود القديمة

أدّت هذه البحوث المتعلّقة بالوضع المناخي الحالي والمستقبليّ إلى بروز بحوث أخرى بقيت حتّى ذلك الحين محدودة جدّا لا تتعدّى عددا صغيرا من العلماء. وتُعنى بالمناخات القديمة، وقد استفادت ممّا وفّرتْه كيمياءُ الأرض من معدّات فعّالة كالتّأريخ بالنشاط الإشعاعيّ أو قيس الحرارة في العهود القديمة المؤسّس على نظائر الأكسجين. وهكذا أمكن معرفةُ المناخات القديمة على مدى طويل.

ومنْ أدعى العلوم التي ظهرت في أواخر القرن العشرين إلى التعجّب يمكن أن نذكر علمَ المناخ القديم. وبفضله عرفنا أنّ مناخ الأرض كان متقلّبا طيلة آلاف، بل ملايين السّنين. وقد حصل ذلك دون أيّ تدخّل بشريّ. فقد تبيّن مثلا أنّه طيلة ملايين السّنين الأربعة الأخيرة تداولت الأرض عهود باردة كانت فيها الأنهار الجليديّة الدّائمة تغطّي كندا وشمال الولايات المتحدة وسكنديناڤيا وانجلترا وشمال سيبيريا وعهود أرحمُ وأدفأ كالّتي نعيشها اليوم. ويعتمد الباحثون في تفسير هذه التقلّبات على خطّة مُوجّهة تتمثّل في النظريّة التي بناها الفلكي الصّربيّ "ميلنِكوفيتش" Milankovitch وهي تقرن بين المناخ الأرضي والإضاءة الشمسيّة، وتفصيلُها أنّ دوران الأرض على نفسها وحول الشّمس

يجعل نسبةَ أشعّة الشّمس المتلقّاة في مختلف المناطق تختلف وفقا لحركة الزمن. وتسمح الميكانيكا الفلكيّة التي تدرس حركات الكواكب حول الشّمس وما ينعقد بينها وبينه من العلاقات تسمح بالتكهّن بالتدفّق الإشعاعيّ الشّمسي الذي تتلقّاه الأرض. وما ظهر من علامات عديدة متطابقة يثبت صحّة حسابات ميلنكفيتش في مجملها. ولكنّ القضيّة تبدو أكثر تعقيدا في مستوى التفاصيل.

ويبدو أنّ تغيّرات الحرارة المتعلّقة بالعصور الجليديّة والعصور التي تتوسّطها تخضع للتّواتر التّالي : 100.000 فـ 41.000 فـ 23.000 سنة. ويتطابق هذا التّواتر مع ذاك الذي توقّعه عالم الرّياضيات السّربي. وقد اتّضح في هذا الصّدد أنّ العصر الطباشيري كان عهدا حارّا. بينما كان العصر الثالث عهدا باردا طويلا. والأعجب من ذلك أنّ الجليد كان يغطّي في ما بين 700 و 600 مليون سنة كامل الأرض بما فيها المحيطات، وذلك هو ما نسمّيه بالأرض – الكرة الثلجيّة.

والتغيُّرات المناخيّة الأرضيّة ليست اكتشافا ولا هي بفعل النّشاط البشري، ومنذ كانت الأرض موجودة تداولتها تغيُّرات مناخيّة عديدة.

والنّقطة السوداء، نقطة الضّعف هي أنّنا لم نكتشف بعدُ الشّرح الفيزيائيّ لكلّ هذه الظواهر، من ذلك أنّ ميلنكفيتش توقّع أن يكون العهدُ الطّاغي هو : 23000 سنة فإذا هو 41.000. وبعد مليار سنة يأتي العهد المساوي لـ: 100.000 سنة ! وهـذه الأرض- الكرة الثّلجيّة كيف عادت إلى وضعها العاديّ ؟ وكلّ تلك الأسئلة لا جواب لها. ويبدو حقّا أنّ مقادير ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الجوّ كانت أقوى بكثير في الماضي ممّا هي عليه حاليا وأنّه توجد بالتالي ظاهرة طبيعيّة دفعت بنسبة هذا الغاز إلى الانخفاض حتّى عادت به إلى المقادير الحاليّة. ولكنّنا لا نعرف بدقّة الآليات المتحكّمة في ذلك. والمدهش في ما عرفناه

من المناخات القديمة أنّها تشهد على أنّ الأرض أحسنت "ردّ الفعل" فأفلحتْ طيلة 3.5 مليار سنة، في الإبقاء على درجات حرارة مقبولة تيسّر تطوُّر الحياة. وقد ذهب بعضهم إلى أبعد من ذلك فأقرّوا فرضيّة أنّ الحياة نفسها، بفعل تطوّراتها، تغيّر وتُعدّلُ المناخ. إنّها مُثبّتُ الحرارة على الأرض. وهذه الفرضيّة هي واحدة من بين فرضيات أخرى، بسطها الانجليزي "لفلوك" Lovelock وهي مغرية، ولكنّ مستوى معارفنا اليوم لا يسمح بإثبات مدى حقيقها.

ولا يعني كلّ ذلك أنّ ما يصدر عن الإنسان من ثاني أوكسيد الكربون لن يكون له أيّ تأثير على المناخ، وإنّما السؤال هو كيف ؟ ومتى ؟.

المحيط

وتطوّرت الإقيانوسات أيضا في هذه العقود الأخيرة، وهي ليست منفصلة أبدا عن دراسات المناخ. والمحيط هو العنصر الأساسي في توازن المناخ، وله نشاط حراريّ كبير جدّا يجعل منه معدّلا ومخفَفا لتقلّبات الحرارة الجويّة. وهو الذي يذيب، إلى ذلك، غازات الجوّ ومنها ثاني أوكسيد الكربون. وهنا أيضا يضطلع بدور المخفّف للاختلافات والتقلّبات. إنّ المحيط إذن عنصر جوهريّ في توازن العمليات الجارية على سطح الأرض، بل هو العنصر المركزي في المناخ حسب بعضهم.

وحركة المحيطات ناشئة عن 3 عوامل. يتمثّل الأوّل وهو أهمّها في احتكاك الجوّ بالبحر، وهذا الاحتكاك هو المحرّك للمياه السطحيّة والعامل الثاني هو مفعول الأمواج ويظهر خاصّة في المياه ضعيفة العمق، والعامل الثالث هو الاختلاف في كثافة المياه الذي يدفع المياه "الثقيلة" إلى النزول والمياه "الخفيفة" إلى الصّعود. ويكون الماء ثقيلا عندما يكون مالحا أو باردا أو باردا ومالحا معا. ولهذا توجَد في حركة المياه الكونيّة تيّارات سطحيّة وأخرى عميقة وثالثة متصاعدة ورابعة نازلة.

ومجمَلُ المياه العميقة الكونيّة تكوَّنَ في جنوب قروانلاندا Groenland وفي شمال القطب الجنوبي، في جنوب المحيط الأطلسي، وفي هذه المناطق نزلت إلى الأعماق المياهُ المالحةُ والباردة، ومنها نشأت حركة جولان المياه العميقة العامّة، وهي تتحرّك حول القارّة القطبيّة الجنوبيّة وتندمج مع مياه المحيط الهادي العميقة. وأمّا التيّارات المتصاعدةُ فتتوزّع على مناطق مختلفة على طول السّواحل، ونحن نعرف بعضها ومنها المنطقة الواقعة في عرض البحر قبالة البيرو Pérou ومنطقةُ إفريقيا الاستوائيّة ومنطقة الصومال وأندونيسيا.

وتنطوي أعماق المحيطات على جميع الجسيمات العضويّة وجميع ما سقط من الفضلات والبقايا، ولذلك كانت المياه العميقة غنيّة بالموادّ المغذية كالكربون والأزوت والفوسفور والحديد. ومواطن التيّارات المتصاعدة تُعتَبَر بيولوجيّا غنيّة جدّا. وفيها يكثر السّمك. وقد كشف الرّصدُ عن وجود ظواهر معقّدة تقترن فيها المحيطات بالجوّ وتتفاعل معه. وظهر ذلك في المحيط الهادي حيث لاحظنا وجود تقلّبات غير منتظمة نسمّيها "النّينيو" El Ninio وذلك يمثّل وضعيّة فوضويّة في ظاهرها. ونحن نجيد وصفها، ولكنّنا لا نقدر على توقّع تصرّفاتها.

الكليّ والجزئيّ المحليّ

حاول الباحثون في مرحلة أولى بناء نظريّة عامّة تخصّ كيفيّة تصَرّفِ الأرض في كلّيتها، ثمّ عادوا إلى المنطقة. فالظواهر الجيولوجيّة أحداث جوهريّة وعلى أطراف الصّفائح (القديمة أو الجديدة) تنشأ الزّلازل. وبعيدا عنها لا نلاحظ حدوث أيّ زلزال تقريبا. والنّشاط البركاني لا يتعدّى مناطق التَراكُب بين صفيحتين، ولا نذهب للبحث عن البترول إلاّ في المناطق ذات الترسّبات القويّة والتي يسّرت فيها المناخاتُ القديمة ازدهار المادّة العضويّة ودفنها في الأعماق.

وهكذا انعكست حركةُ الرقّاص الذّهنيّ الفكريّ فقد انصرف الجيولوجيون طيلة قرنين إلى الاهتمام بالمنطقة دون الأرض في كلّيتها. وحالما تحقّقت لهم الرّؤية الكليّةُ للكوكب في مجمله انصبّ اهتمامُهم من جديد على المنطقة ولكن برؤية تعميميّة. فكلّ منطقة حالة، هي مثال من ظاهرة عامّة. ولا يوجَدُ واقع زلزالي عامّ خارج اجتماع الزلزاليات الاقليمية، وسنرى أنّ هذه المقاربة تتوسّع لتشمل الآليات المتعلّقة بالمحيطات وبالجوّ وخاصّة منها المناخ والتلوّث.

وهذه الحركة المضاعفةُ تشبه من وجوه كثيرة الحركةَ التي اتّسمت بها العلوم البيولوجيّة. فقد وجب أن نعرفَ أنّ الحياة ظاهرة واحدة وفريدة من نوعها تتحكّم فيها قوانين عامّة. ولها مجموعة من الجزيئات "الموجّهة" كالحامض النّوويّ والحامض الربو نووي والبروتينات الأنزيمات. ولكنّ تطبيقَ هذه القواعد العامّة يختلف من صنف إلى صنف ومن فرد إلى فرد.

ومن هنا يحلّ الحوار. يحلّ التأرجح والتفاعلُ بين الكليّ والمحليّ، بين العامّ والخاصّ. والقواعدُ العامّة هي التي تسمح بفهم الخاصّ. ولكنّ دراسة الخاصّ والمحليّ هي وحدها التي تسمح بتجسيم وفهم الحتميّات الدّقيقة الموجّهة للعامّ، من ذلك أنّ دراسة الزلازل في اليابان هي التي أنارت ظاهرة التّراكب بين الصّفائح وأثرها. ودراسةُ أرنبِ كليفورنيا البحري (نوع من الرّخويات) هي التي مكّنتنا من أن نفهم في البيولوجيا الآلياتِ الأساسيّة للذّاكرة.

والمختصّون في المناخ المنحبسون في نماذجهم الشاملة العامّة التي سخّروا لها الحاسوب وبسّطوها لم يفهموا أنّ الذي يعني النّاس هو مناخ الجهات. وأنّ هذه المناخات الجهويّة تكتسب مع مرور الوقت سمات خاصّة. إنّ الطبيعة ستضطرّهم إلى مراجعة نظرتهم التّبسيطيّة، وليس لهم إلاّ نصف قرن من التخلّف على فيزياء الأرض الدّاخليّة.

الإنسان عامل جيولوجيّ

من أهمّ النتائج التي أفضت إليها الدّراسات العلميّة للأرض في القرن العشرين الإقرار بأنّ الإنسان قد تحوّل بسبب نشاطه إلى عامل بيولوجي في مستوى الكوكب كلّه. ومن الطّبيعيّ أنّه ليس هو الّذي يُحدث النشاطات البركانيّة أو الأعاصير ولكنّه يغيّر الظواهر الجوهريّة على سطح الأرض وخاصّة منها ظاهرة الانجراف التي تنال من التّضاريس وتعرّيها بفعل الماء. والماء أيضا هو الذي يحمل البقايا والفضلات، سواء منها ما ذاب أو ما كان في شكل جسيمات وحبيبات، إلى المحيطات حيث تتكدّس وترسب. لقد ضرب الإنسانُ سرعةَ الانجراف في ثلاثة. وهو ينقل من التّربة بقدر ما تنقله الأنهار إلاّ أنّه ينقلها في عكس اتّجاه الانحدار. لذلك فهو المسؤول إلى حدّ كبير عن الفيضانات لأنّه يزيد في سرعة جريان المياه وعن نضوب حقول المياه الجوفيّة لأنّ المياه لم تعد تنزل في التربة بل تسيل وتجري. لا شكّ إذن في أنّه مسؤول عن تغيير دورة المياه وعن تلوّث الماء والهواء. وأمّا مشكل ثاني أوكسيد الكربون فهو واحد من مشاكل أخرى والإنسان علاوة على ذلك يُبدَد موارد الأرض المنجميّةَ. ونتيجة لذلك وجب أن تباشر الجيولوجيا في القرن الواحد والعشرين فصلا جديدا عليه أن يُعنى بتقدير موارد كوكبنا وسُبل الحفاظ عليها.

المناهج الأربعة في علوم الأرض

أدّى التقدّم الجبّار الذي أنجزته علومُ الأرض طيلة أربعين سنة إلى إنشاء مناهج بحث فعّالة جدّا. ارتقت أربعة منها إلى مستوى عالمي. وتخصّ الأرض الصّلبة كما تخصّ الموادّ المائعة المركّبة للغلاف الجوّي : وهي :

◆ اللّتومغرافيا : ونعني إنجاز الصّور ثلاثيّة الأبعاد، وتتعلّق هذه النّماذج بباطن الأرض العميق وبسطحها وخاصّة منه حقول البترول وبالمحيطات والغلاف الجوّي. كما تتعلّق بالشّمس والكواكب العملاقة.

◆ المشاهدة بالأقمار الاصطناعيّة : وهو يشمل اليوم الظواهر المتّصلة بقيس الجاذبيّة وبالسطح وما ألمّ به من التغيّرات كما تشمل مراقبة النشاط الزّلزالي وقيس تحرُّك الصّفائح التكتونيّة ورصدَ المحيطات وحركةِ الجوّ ونشاط الدّورة المائيّة.

◆ الكيمياء النَظيريّة : سمحت دراسة ما طرأ على الطبيعة من تغيّرات إلى جانب التركيبة النظريّة للعناصر الكيميائيّة بتأريخ التّربة. ويُعَدّ ذلك في حدّ ذاته مساهمةً كبيرة في هذا العلم الذي يطغى التّأريخ على كلّ مظاهره. وسمحت كذلك بتوفير ما نرسم به مختلف الظّواهر ومنها أصلُ العناصر، وتطوّر الأرض اليابسة، ودراسةُ المناخ ودراسةُ المياه الخ...

◆ ديناميّة السّوائل : أصبحت ديناميّة السّوائل حاضرة في كلّ ما يخصّ تفسير الظواهر الأرضيّة تقريبا. ويبدو أنّ كلّ شيء يتحرّك حسب قوانين ميكانيكا السّوائل، من ذلك حركةُ النّواة ونقْلُ الوشاح للحرارة والنشاط البركاني وحركة السّوائل (البترول أو المياه) في القشرة الأرضيّة، والمحيطات والأنهار والجوّ. وممّا يضايق الباحثين في أمر هذه السّوائل الطبيعيّة أنّها غالبا ما تكون في حالة من الاضطراب. والاضطرابُ ظاهرة ما زالت الفيزياء لا تفهمها، وذلك هو مصدر الجدل في علوم الأرض.

وإنْ كانت تكتونية الصّفائح لم تؤثّر إلاّ تأثيرا محدودا جدّا على الجانب التّطبيقيّ من علوم الأرض فإنّ هذه المقاربات الأربع التي أوردناها لها تطبيقات عديدة في كلّ ما يتّصل بحياة الإنسان كالرّصد الجوّي والاقيانوسات والبحوثِ المتعلّقة بالماء والتصرّفِ فيه والبحث عن الموادّ المنجميّة وموادّ الطاقة والحمايةَ من الكوارث الطبيعيّة الخ... ولعلّ القفزة المدهشة التي حقّقتها علومُ الأرض في القرن العشرين تكمن في ما استنبطتْه من مناهج البحث.



الفصل الرّابع

الحاسوب
والطّريقة الجديدة في النّظر إلى الكون

✐ التّجربة هي المصدر الوحيد للحقيقة وهي وحدها الّتي يمكن أن نعلم منها شيئا جديدا.

"الفرضيات في الفيزياء"
هنري بوانكراي

لا شكّ في أنّ أهمّ حدث في النصف الثاني من القرن العشرين يتمثّل في اختراع الحاسوب وازدهار مفهوم الإعلاميّة. وقد تمكّنت هذه الآلة بفضل ما عرفته من تحسّن وانتشار من تغيير حياتنا اليوميّة تغييرا جذريّا. ودعّمت ممارستنا للعلم على نحو وسّع فعاليتّه وطموحاته (التي تتجاوز المعقول أحيانا، كما سنراه). وبانتشار هذه الآلة انتشر العلمُ والتكنولوجيا انتشارا ما كنّا نتصوّر حدوثه قبل ذلك ببعض السنوات وهو الذي قاد إلى أن ننظر إلى الكون برؤية جديدة كلّ الجدّة.

والحاسوب ليس مجرّد وسيلة عمليّة أو أداة إضافيّة جديدة بل إنّه ليتنزّل في صميم حضارتنا. ولا يفوتنا التّذكير بأنّ الحاسوب هوَ وليد التّرانزيستور الّذي يُعدّ هو الآخر وليد الميكانيكا الكميّة. وقد قال "فدريكو ميّور" F.Mayor المدير السّابق لليونسكو : "حتّى يوجَد علم تطبيقيّ، لا بدّ أن يُوجَد العلم". ومن الطّريف في شأن الحاسوب أنّه ينهض على منطق ثنائيّ مزدوج.

وهو يقوم فعلا على الحساب الثّنائيّ، أي على منطق "بول" (Boole) كما نقول في اللّغة العلميّة. وسنعود إلى هذا الأمر لكونه معطى أساسيّا ولنزعته إلى احتلال كلّ الميادين. ولكنّ هذا المنطق الثنائيّ هو أيضا اقتران بين الجانب التقنيّ المادّي والجانب البرمجيّ الفكريّ. أو هو تصميم وتجسيم لهذا الاقتران في شكل آلة تجمع بين الفيزياء والبرمجيات. ولا شكّ في أنّ الشّخصيتين المجسّمتين لهذه الثنائيّة أحسن تجسيم هما "ستيف جُوبْس" Steve Jobs و"بيل قايت" Bill Gates. والأوّل هو مؤسّس " آبل" Apple أي هو صانع الحاسوب الشخصيّ بفأرته وشاشته، والثاني هو مؤسّس "ميكروسوفت" (Microsoft) وهي شركة لا تنتج أيّ حاسوب، وإنّما تكتب البرمجيّات.

وقد تطوّرت العلاقةُ بين مُركّبي هذا المنطق الثنائيّ، وتمتّن التفاعلُ بينهما إلى حدّ كبير، لأنّه لا يمكن لأيّ حاسوب جديد أن يظهر إلاّ ومعه البرنامج المناسب له. وأوّل نجاح كبير حقّقه "بيل قايت" يكمن في الاتّفاق الذي أبرمه مع "أ.ب.م" "I.B.M" وبمقتضاه صمّمت هذه الشركة حواسيبها الشخصيّة على نحو مكّنها من أن تدمج فيها برنامج ميكروسوفت الشّهير المسمّى "لفظ" (Word) ثمّ "نوافذ" (Windows) والحواسيب اليوم تُصمّمُ لتسمح باستعمال برنامج معيّن. وقد ذهب بعضهم إلى اعتبار أنّ هذه الثنائيّة بين التّقني والذّهنيّ تُشبه

ثنائيّة التجربة والنّظريّة في العلوم. وهذا التّماثل وهميّ لأنّ الجانب البرمجيّ لا يحتوي على النظريّة التي يقوم عليها الحاسوب. إنّما يبسط كيفيّة الاستعمال.

الشّفرة الثّنائيّة

كلّ شيء ينطلق من التّرقيم الثّنائي وهو يحتوي على رقمين : 0 و1 وفيه يُكتب 1 بنفس الصورة (1) و 2 تُكتبُ 10 و 3 تُكتب 11 و 4 تُكتَبُ 100 وهكذا نحتاج إلى 4 أرقام لكتابة 8 (1000) وإلى أربعة عشر لكتابة 9000 (000 1 100 10 1 1000) وهكذا دواليك... وهذا النّظام ثقيل من حيث كميّة الأرقام. وإن كانت الآلةُ ستنجز عمليات حسابيّة فلا بدّ لها من أن تخزّن الأرقام (ألا نقول: أكتب 5 وأحتفظ بـ 3). وبالتالي فمن الضروريّ في الشفرة الثّنائيّة أن تكون للآلات طاقات جبّارة على التّخزين. وقد يبدو هذا النّظام، بسبب ذلك، وللوهلة الأولى ثقيلا، عسير الاستعمال ولكنّه يبسّط جداول الضّرب، إذ يختزلها في ما يلي :

$$0x0 = 0$$

$$0x1 = 0$$

$$1x1 = 1$$

وقد بقيت هذه اللغةُ الثنائيّة لمدّة طويلة وقفا على الرياضيين. وأمّا عامّة الناس فيفضّلون الحسابَ على قاعدة 10. فهو أكثر اقتصادا في الأرقام، ويسمح باستعمال اليدين للحساب. فكيف أمكن لهذا النظام الثنائيّ أن يفرض نفسه على أنّه هو لغة الحواسيب والحال أنّه ثقيل، متعب ؟

وهو مَدين ببروزه للكهرباء، وبروزُه لا يعني بعدُ انتصاره كما هي الحال اليوم. وتفسيرُ ذلك أنّ الكهرباء ليس له في دارة ما إلاّ أن يتنقّل أو لا يتنقّل. ومهمّةُ المفتاح أن يضمنَ التّداولَ بين " لا" و "نعم" بين المفتوح والمغلق بين 1 أو 0. ولذلك وحالما اتّجهت الرغبةُ إلى انجاز عمليّات بكيفيّة آليّة بالاستعانة بآلات كهربائيّة كان من الطبيعيّ أن يتبادر إلى الذهن النّظام الثّنائيّ.

ويبدو أنّ الفرنسي "كوفنال" Couffinal[56] كان من الأوائل الذين خطرت لهم هذه الفكرةُ. وكان ذلك قبل الحرب، إلاّ أنّه سرعان ما ظهر أنّ ثِقلَ العمليات وطولَ الأعداد تمثّل عوائق جديّة.

الرّقميّ أو القياسيّ ؟

وفي نفس الوقت الذي ظهرت فيه آلات حاسبة تعتمد على الشّفرة الثّنائيّة برزت في السّتينات سلسلة من الآلات التي تبدو لأوّل وهلة أكثر مرونة وأقوى وأخفّ استعمالا. وهي تستغلّ إلى أقصى حدّ الإمكانيات التي توفّرها مختلفُ الدّارات التي طوّرتْها الكهرباء الإلكترونيّة الوليدة في مجال الرّاديو والهاتف. وقد سُمّيت هذه الآلاتُ الحاسبة بـ "القياسيّة" لأنّها تشبه الدّارات الإلكترونيّة وتعمل على أساس مماثل لأساس الكهرباء. وهي لم تتقيّد باللغة الثنائيّة، بل استعملتْ كلّ ما في الإشارات الإلكترونيّة من مرونة لمحاكاة هذا النوع من الحساب أو ذاك. ويتعلّق الأمر بنوع من المعالجة لخطوط بيانيّة، إذ يقع إنشاءُ مُنحنيات يتمّ جمعها أو تقطيعُها إلى أجزاء أو إدراجُ الواحدة منها في الأخرى أو الوصل بينها. وبهذه الكيفيّة يمكن محاكاةُ ظواهر مختلفة معقّدة تقع ترجمتُها إلى منحنيات معقّدة هي

56 - راجع : R.Cossa : La Cybernétique Paris. Masson. 1957 .

الأخرى. والعيب في هذه الآلات الحاسبة هو اختصاصها الضيّق في نوع معيّن من المشاكل، فكلّ آلة تعالج مجموعة من الخطوط البيانيّة، أي إنّها تعالج نوعا معيّنا من القضايا. هذا علاوة على أنّها لم تكن دقيقة جدّا لأنّ تثبيتَ التيّارات الكهربائيّة وقيسها يعسر ضمانُ الدقّة الكاملة فيهما.

وفي أواسط الخمسينات تقريبا كانت العروضُ التعليميّة المتعلّقة بالحواسيب منقسمة إلى شقّين : الآلات القياسيّة والآلات الرقميّة. وكان لهذا أو ذاك أنصاره. وما كان مآل هذا التنافس بيّنا واضحا، رغم ما يدّعيه النّاس اليوم من أنّهم لم يشكّوا إذ ذاك في نتيجته النّهائيّة. وكانت الحكمة في ذلك الوقت تقتضي القول بأنّ كلّ نوع من الآلات له ميدانه الذي يتفوّق فيه على الآخر. إلاّ أنّ الرّقميّ هو الذي سينتصر بعد بعض السنوات من ذلك. وكان انتصاره ساحقا لا اختلاف فيه، ولكنّه احتاج إلى أكثر من نصف قرن حتّى يفرض نفسه على المواصلات اللاسلكيّة والتّلفزة والرّاديو[57].

تاريخ موجز للحاسوب

غالبا ما يقدّم الناسُ الرياضيّ "جون فون نومان" J.V.Neumann على أنّه هو المخترع الوحيد للحاسوب وذلك ليس صحيحا.

إنّ الحاسوب هو قبل كلّ شيء ثمرة لعمل المهندسين. والعونُ الذي قدّمه "فون نومان" هامّ حقّا ولعلّه حاسم ولكنّه كان سابقا لعمليّة الصّنع. والمهندسون هم الذين صنعوا أولى الآلات الحاسبة التي كانت ميكانيكيّة ثمّ أصبحت كهرميكانيكيّة. ويُدعى أحدهم "فنّفار بوش" V.Bush وهو من

57- فرض الرّقميّ نفسه في التلفزة والراديو سنة 2009 – ممّا يدلّ على أنّ القياسيّ كان له أنصاره.

معهد التكنولوجيا مسّاشوسات. وقد صنع آلته الحاسبة سنة 1913. وفي الطور السابق للحرب العالميّة الثانية ظهرت آلات كهرميكانيكيّة تعتمد الشّفرة الثنائيّة. والفضل في تصميمها أو بنائها يعود إلى "زوس" Zause بألمانيا و"كوفنال" بفرنسا و"ستبتز" Stibitz و"أيكن" Aiken بالولايات المتحدة. وفي نفس الفترة اخترع "جون أتَنَسُوف" J.Atanasov أوّل حاسوب حقيقي يقوم على الالكترونيك وكان مغمورا لا يعرفه أحد ولا صلة لكبريات الشركات به. وكان حاسوبه مجهّزا بعدُ بكلّ المقوّمات الأساسيّة للحاسوب الحديث : ونعني الذّاكرة والجمّاع والأداة المديرة. وهذا العمل سيتجاهله المختصّون ولكنّهم كانوا ينسخونه وينهبونه طيـلة ثلاثين سنة. ولن ينال حقّه إلاّ بفضل قضيّة صناعيّة ذاع صيتـها[58].

ثمّ كانت الحرب، وانتبه العسكريون إلى ما يمكن أن يغنموه من الحاسوب، سواء في توجيه الطّلق المدفعيّ أو في تخزين المعلومات التي يوفّرها التجسّس أو في مساعدة علماء "مشروع مانهاتن" لصناعة القنبلة الذريّة، لذلك نشط البحثُ وتكثّف في المراكز العسكريّة السريّة وفي الجامعات. وفي انجلترا صنع "تورنغ" Turnig[59] حاسوبا يعرف باسم كُلُوسيوس Colossus وقد صُنع نظير منه بلوس ألموس Los Alamos وبقسم الهندسة الكهربائيّة في جامعة بنسلفانيا. وهذه الجهود

58- قدّمت شركة Sperry Rand دعوى تتّهم فيها شركة Honeywell بنسخها. فقدّمت هذه الأخيرة الأدلّة على أنّ الشركة الأولى نسخت عمل Atanassof الذي كان حاضرا على أنّه شاهد. وكانت النّتيجة أن ظهرت قيمة اختراعه.

59- من عباقرة الصناعة الإعلاميّة، هو مخترع جبّار، انتحر بعد الحرب بأكل تفّاحة مسمومة لأنّ العدالة الانجليزيّة قضت بتعقيمه لتعاطيه اللّواط. والحال أنّ حاسوبه كلوسوس قدّم خدمات جبّارة للحلفاء إذ سمح بمعرفة الشّفرة السريّة التي يستعملها الألمان.

لم تُؤت أُكلَها إلاّ بعد الحرب وذلك ببناء الحاسوب الإلكتروني الرّقميّ. وهو من صنع "جون موشلي" J.Mauchly و "برسبار أكرت" P.Eckert وإليهما انضمّ "جون فون نومان". وهم الثلاثة سيبنون أيضا "الحاسوب الإلكتروني الرقميّ" الثّاني، الذي يُعدّ بحقّ جَدّ الحاسوب الحديث. ولهذا الاجتماع بين الرجال الثلاثة دلالته الرّمزيّة. فمنهم مهندسان لتصميم الآلة وصنعها وأمّا الثالث فوظيفته أن يضع البرامج. ومن البيّن أنْ لا سبيل إلى الحاسوب بدون مهندسين وبدون الكترونيك.

وفي سنة 1948 اكتشف "باردين" و "براتَين" و "شكلاي" الترانزيستور وفي سنة 1952 لاحظ أنّه بالاعتماد على ما للترانزيستور وللموادّ شبه الموصلة من الخصائص يمكن الجمعُ بينهما بدون حاجة إلى الأسلاك الكهربائيّة. ويكون ذلك بتجميع موادّ عازلة وأخرى ناقلة وثالثة شبه ناقلة في كتلة واحدة. ولن تتجسّد فكرته إلاّ سنة 1959 على يدي "جاك كلبي" الذي يعمل بشركة الأدوات بالتكساس. وهو أوّل من صنع دارة مدمجة، وهو تجميع لقطع صغيرة جدّا من السّلسيوم ولذلك سُمّيت هذه الدّارات "مِكرُشيبس".

ذلك هو عهد الإقلاع في الإعلاميّة وفيه اتّجهت الجهود إلى بناء حواسيب أكبر فأكبر. وكان مردودها ما ينفكّ يتزايد. وازدهرت شركات الإعلاميّة الكبرى. ولكنّ التّجديد لم يتوقّف عند ذلك الحدّ. إذ ظهرت دارات مدمجة يجتمع في السنتمتر المربّع منها 100.000 ترانزيستور ثمّ مليون ترانزيستور. ثمّ أصبحت الترانزستورات تُستعمل في صناعة ذاكرة الآلات. وبفضل ذلك ظهر جيل جديد من الحواسيب. وفي سنة 1970 اخترع "مارسيان هوف" M.Hoff وهو مهندس في شركة "أنتل" (Intel) المعالِجة الصّغريّة وهي مرحلة حاسمة، وبهذه النّمنمة

للمركّبات أمكن تصغيرُ أحجام الحواسيب وهكذا ولّى عهدُ العملقة ليعقبَه عهدُ المنمنمات ثمّ العهد المجهريّ وقد اشتهرت في هذا المجال شركتا "هولت بكّار" Hewlett Pachard و"دجتال" Digital.

"المال و الأعمال"

رفض المسؤولون في "إ.ب.م" (I.B.M) الاستماع إلى مهندسيهم فكان أنْ غزت "أبل" (Apple) السوق وملأتـه بحاسوبها الشّهير ذي الحجم الصّغير "مكنتوش" المجهّز بفأرته وشاشته التلفزيّة. ومن خلاله تبدأ الإعلاميّة في الدّخول إلى المكاتب والمخابر وحتّى إلى المنازل.

وما كان من التطوّر التكنولوجي إلاّ أنْ عزّزَ وفرضَ النّظام الثنائيّ. والدّاعي إلى ذلك بسيط، بيّن، وتفسيرُه أنّ صناعةَ قطعة إلكترونيّة فيها عشر مواقع أي أنّها تتناسب مع الحساب العشريّ يجب أن تكون في منتهى الدقّة، لأنّ خطأً بنسبة 10 % يمكن أن يحوّل 8 إلى 9 و 2 إلى 3 الخ... أمّا إن صنعنا القطعة على أساس ثنائيّ، فإنّنا لا نحتاج إلى دقّة كبيرة، لأنّ كلّ ما نطلبه هو التمييزُ بين نعم ولا بين 0 و 1. ولهذا يمكن أن نكتفي حتّى بالمركّبات الالكترونيّة المتوسّطة الجودة. ولمثْـل هذا المركّب فضل مُضاعف : البساطة وانخفاضُ ثمن الصّنع، إلاّ أنّنا نحتاج إلى أن نصْنَعَ منه أعدادا أكبر بكثير ممّا نحتاج إليه لو استعملنا شفرة على قاعدة 10. فأيّ الحلّين أقلّ كلفة ؟ قِطع كثيرة بثمن زهيد أو قِطع أقلّ بثمن أغلى ؟ ومن السّهل أن نثبت أنّ الحلّ الأوّل هو الأحسن، وهو الأخفّ اقتصاديًا، وإمكانيات الخطإ فيه أقلّ. والشعار المزدوج في النظام الثنائيّ هو النّجاعة والثمن المنخفض. لقد دُفن النظام القياسيّ. ومهندسو المواصلات اللاسلكيّة هو وحدهم الذين دافعوا عنه طيلة خمسين سنة.

وأبرز التغيّرات الطّارئة على الحواسيب "الصّغيرة" يكمن في الحجم. فقُدراتها على الحساب ما تنفكّ تزداد وحجمها ما ينفكّ يتقلّص. وبعد ظهور المعالِجة الصّغريّة والرقــاقات أصبحت الدّارات المُدمجة قادرة على الجمع بين عدد كبير من الترانزستورات في أشكال متنوّعة جدّا إلى حدّ أنّ هذه الدّارات أصبحت هي نفسها "حواسيب مجهريّة". وهذه الشّرائح التي لا يتجاوز حجمها مكْرو مربّع تحتلّ الأشياء المستعملة في الحياة اليوميّة وتُغيّرها تغييرا جذريًا.

واليوم يحتاج تشغيلُ سيّارة من نوع B.M.W إلى كميّة من الإرشادات الإعلاميّة تساوي تلك التي احتاجت إليها مهمَةُ أبولو التي حملت أرمسترنغ إلى القمر سنة 1969. ويحتوي حاسوب مكنتوش وهو في حجم حقيبة صغيرة على قدرة على الحساب تساوي قدرة أكبر حاسوب من نوع .I.B.M سنة 1965. وهو في حجم غرفة تبلغ مساحتها 40م^2.

ويبدو أنّ السّباق في مجال النّمنمة سيراعي قانون "مور" Moore الشّهير. وهو "أنّ مردود المركّبات الالكترونيّة يزداد بضارب اثنين في كلّ سنة ونصف لأنّ عددها في الشفرة الواحدة يزداد بنفس الضارب في نفس المدّة" فأين سنتوقّف؟

السّرعة و الحرارة

تنتشر الذبذبات الكهربائيّة بسرعة الضوء أي 300.000 كلم في الثانية. وتبدو هذه السرعةُ لامتناهية تقريبا. ولكنّ الحال ليست كذلك. إذ يحتاج الكهرباء حتّى يقطع مسافة ملّمتر إلى 3×10^{-10} ثانية. وهو ما نعتبره قصيرا جدّا. ولكن لنفترضْ أنّنا نريد إجراء مليون مليون عمليّة (10^{12}) تحتاج كلّ واحدة منها إلى مسافة ملّيمتر. سيكون الوقت اللازم لذلك أكثر من دقيقتين، إنّه وقت طويل

جدّا. وهذا الحساب كاريكاتوري، ولكنّي أردتُ الإشارة من خلاله إلى أنّ سرعة الضوء أصبحت عاملا يحدّ من طاقات الحاسوب.

أمّا العمل الثاني المقيّد فهو التخلّصُ من الحرارة، ذلك أنّ الكهرباء يصدر الحرارة عند تنقله، وكذلك هي الحال في الحاسوب. ولا بدّ من التخلّص منها بسرعة حتّى لا يتأثّر بها سلوك المُركّبات. والقضيّةُ هيّنة مع الحواسيب الصّغيرة. ولكنّها تصبح مشكلة جوهريّة حين يتعلّق الأمر بآلاف الحواسيب المجهريّة التي يتمّ تجميعُها لتكَوّنَ ما نسمّيه " كلوستار" (Cluster). وعليكم إنْ زُرتم أحدَ مراكز الحساب العملاقة المتعلّقة بالنّشاط الزلزالي البترولي أو بالرّصد الجوّي أنْ ترتدوا ثيابا دافئة حتّى تسلموا من البرد. !

والمختصّون يرغبون في تجميع المزيد من العناصر للحصول على طاقات أكبر. ولكنّ المانع هو التخلّصُ من هذه الحرارة الصادرة عن ملايين الملايين من التّعليمات والاتّصالات الكهربائيّة.

وما من أحد يعلم كيف ستتمكّن التّكنولوجيا والحيلةُ البشريّة من تجاوز هذه الحدود في المستقبل[60].

60 - لغة الإعلاميّة مغرية وغريبة وثقيلة الجرس. ومنها أوّلا البيت (bit) وهو الوحدةُ الإعلاميّة، هو الثّنائيّ 0 و 1 وله حالتان فقط. البايت byte الذي نسمّيه بالفرنسيّة «أوكتات» (Octet) وهو مجموعة من 8 بتّات (مثلا 10011000) وهو يسمح في النظام الثنائيّ بكتابة 256 عددا (28). ونقول اصطلاحا من 0 إلى 255 ونستعمل لقياس قوّة الحاسوب وذاكرته أو قوّة الأقراص أو غيرها وحدات أكبر، منها الكيلوبتْ والمِقَبت. ولقياس سرعة الحاسوب نستعمل البت في الثانية. أو حتّى عدد العمليات المنجَزة في الثانية. والأمر يتعلّق بأعداد عشريّة مع فاصل يمكن أن يتنقّل كما نشاء أي إنّه « يعوم» من بعض الوجوه. ولذلك نتحدّث عن « عمليات عائمة» أو «فلوب» Flop وقد ظهرت اليوم حواسيب لها طاقة مدهشة نقيسها بـ «التيرفلوب» أي (مليون مليون عمليّة في الثانية)..

طرائق الكتابة

تتمثّل القضيّة اليوم في كيفيّة السّيطرة على كتابة برمجيّات تقتضي الآلاتُ الجديدةُ أن تكونَ أكبر فأكبر وأكثر تعقيدا. ففي بداية الإعلاميّة كان ثمن الآلات مرتفعا وثمنُ البرمجيّات زهيدا. وكان أغلب المستعملين يكتبون برمجيّاتهم بأنفسهم. وكانت البرمجيّة هي التّمرين الكبير الذي يتعاطاه المستعملون. ثمّ تعقّدت الآلات فأصبحت البرمجيّة وقفا على المختصّين فيها. ويكتفي المستعمل بتشغيل برامج مكتوبة بعْدُ ويمكنه أن يمدّدها أو يجمعها أو يربط بينها. فوظيفته لا تتعدّى استعمال البرمجيّات. وهنا أيضا يتدخّل العامل الاقتصادي، فيصبح هو الأداة الموجِهة الرئيسيّة، وتفسير ذلك أنّ المبرمج حين يكتب شفرة يقترف خطأ أو غلطة في كلّ ألفي سطر. وتحتوي شفرة عادية على ما بين مليون وعشرة ملايين علامة. وتنطوي بالتالي على ما بين 500 وخمسة آلاف خطإ عند القراءة الأولى. ولا بدّ من الانتباه إلى هذه الأخطاء وإصلاحها والتثبّت منها. وتكلفةُ هذا العمل الدقيق المختصّ عالية. ولذلك يَعمد المختصّون إلى تجزئة البرمجيّة حين تكون جاهزة وتركيبة مع برمجيّات أخرى وبيعها لأكبر عدد ممكن من المستعملين. وأغلب البرمجيّات هي مجرّد تشكيلات لبرمجيّات موجودة كُتبت لغايات أخرى. ولذلك فهي غالبا ما تكون ثقيلة وطويلة جدّا وغير ملائمة. ولا بدّ عندئذ من تبسيطها وإعادة كتابتها. ولا بدّ لذلك أيضا من ثمن باهظ. ولهذا يجهد الصانعون لتجنّبه، ويجب أن لا ننسى، حين يتعلّق الأمر بالحساب، أنّ الحاسوب لا يُنجز العمليات الحسابيّة إلاّ بكيفيّة تقريبيّة خفيفة. وذلك يعني أنْ لا مفرّ من نسبة من الخطإ. وإنْ تحصّلنا في حاسبة جيب على 4.999 بدل 5 فذلك هيّن. ولكن هذا التّقريب إنْ ضُرب في مليون مرّة يمكن أن يفضي إلى نتيجة خاطئة تماما. ولذلك

يجب مراقبة العمليات وإصلاحُها باستمرار. وتجب الإشارةُ إلى أنّ فشل العديد من المهمّات الفضائيّة يعود إلى أخطاء في البرمجيّات. ولهذا عمد المختصّون في البرمجيّات الإعلاميّة الكبرى المتّصلة بالفضاء مثلا أو بالطّيران إلى وضع شفرات تتمثّل وظيفتُها في اكتشاف أخطاء الشّفرات المُوجّهة. بل وضعوا كذلك شفرات تختبر شفرات المراقبة.

وهكذا يتجلّى أنّ السيطرةَ على الإعلاميّة هي عمليّة دقيقة جدّا من النّاحية العلميّة. وستزداد دقّة وصعوبة. وستصبح البرمجيّاتُ هي المفتاح في كلّ شيء. وقريبا سيحلّ عهد نمنحك فيه الحاسوبَ مجانا، ولكنّ ثمن البرمجيّات اللازمة لتشغيله سيكون مرتفعا جدّا.

استعمال الحاسوب

من المستحيل وضعُ قائمة في تطبيقات الحاسوب. فالمغامرة الفضائيّة ما كنّا نتصوّر حدوثها بدونه. والتّجاربُ الحديثة في الفيزياء يقودها الحاسوبُ في كلّيتها. وكلّ تقنيات التحاليل الكيميائيّة أو تحاليل المعطيات تستعمله. وتستعمله البنوك أيضا ومعه البرمجيّات الرياضيّة التي كُتبت له. ونغالي أحيانا في الثقة في هذه البرمجيّات !.

وربّما يكون الأسهل اليوم تعديد المواطن التي لا يتدخّل فيها بدل تلك التي تستعمله. واليوم يقدّم لنا المخبر العلميّ أو المصنع نفسَ المشهد: موظّفون يجلسون، من العون البسيط إلى المهندس أو الباحث، أمام شاشة حاسوب وأصابعهم تعالج مفاتيح اللّوحة.. وقد غدا هذا المشهد عاديّا جدّا.

بعض منتجات الحاسوب العلمية

أريد أن ألحّ في هذا المقام على ثلاثة اكتشافات أساسيّة ما كان يمكن لها أن تحدث لولا الحواسيب وهي بدون أدنى شكّ لا تقلّ قدرا عن أكبر الاكتشافات الفيزيائيّة، ونعني مبدأ الفوضى الحتميّة.والمفهوم الكمّي للإعلام ومفهوم الكسريّات. ففي ماذا تتمثّل ؟ وإن حظيت هذه المفاهيم بكلّ هذه القيمة فلأنّها غيّرت طريقتَنا في التفكير تغييرا جذريًا كما غيّرتْ تصوُّرنا للكون وأصبحت المفاتيحَ في فهمنا لعلوم الطبيعة وعلوم الحياة والأرض. وهي تمثّل أكبر ثورة علميّة منذ الإغريق إلاّ أنّها ما زالت لم تُهضم كلّ الهضم ولم ينتشر استعمالُها إلاّ في حدود. ولا شكّ في أنّها ستكون في صميم التطوّر في القرن الواحد والعشرين.

الفوضى الحتمية

اعتدنا في تصنيف المعادلات الرياضيّة التّمييز بين تلك التي نَصفها بكونها حتميّة، وتلك التي نعتبرها احتماليّة. والمتحكّم في الاحتمال هو الصّدفة. فما هي النّتيجة في لعبة الوجه والقفا ؟ لا شكّ أنّ للوجه فرصة على اثنتين ليكون هو النتيجة. وللقفا فرصة على فرصتين أيضا. ولا نعرف ما الذي سيحدث ؟ إنّ الشكّ هو القاعدة وهو في مداه الأقصى في المثال السّابق. وفي مثال أكثر تعقيدا سنقول إنّ هذا الحدث أو ذاك له 60 فرصة حدوث على 100. لنفترض الآن المعادلة التالية: قيمة المجهول، لنَقُـلْ بعد مرحلة، هي القيمة الحالية مضروبة في 2. وإليها أضيف 2. ونرى فورا أنّنا إن بدأنا بالقيمة التي انطلقنا منها، لنَـقُـــلْ 1، فسنتحصّل تباعا على 4، 10، 22، الخ... والمستقبل معقّد حقّا ولكنّه مقيّد بكيفيّة حتميّة كاملة بكتابة هذه المعادلة.

وقد مكّنتنا نظريّةُ الفوضى من أن نكتشف وجودَ معادلات لها محتوى حتميّ تماما ولكنّ نتائجها المتوالية سرعان ما تصبح خارجة تماما عن إمكانيّة أن نتوقّعها. وإن انطلقنا من عدد يختلف اختلافا خفيفا عن السابق، حصلنا على أعداد ما كنّا نتوقّعُها وهي إلى ذلك بعيدة جدّا عن الأعداد الأولى. وهذا يعني أنّنا انطلقنا من معادلة حتميّة وصنعنا منها نتيجة احتماليّة غير متوقّعة[61]. وبهذه الكيفيّة اجتزنا الحدّ الفاصل بين الاحتمالات والحتميّة. وهو حدّ كنّا نعتبر أنْ لا سبيلَ إلى تجاوزه. وأبرز نتيجة عمليّة لذلك هو أنّه لا يمكن، بالإنطلاق من معادلة حتميّة، أنْ نتكهّن دائما بالمستقبل. وقديما قال "لبلاص" لنابوليون : "أعطني المعادلة التي تصف ماضي نظام ما وسأقدّم لك مستقبله حسابيّا" وهو ما أصبح مستحيلا مع معادلات الفوضى.

ولنذكّر من جديد بأنّ مهندسَ الرّصد الجوّي "لُورَنزْ" هو الذي اكتشف هذه النتيجة في مجال التكهّنات الجويّة. وبيّن أنّه لا يمكن التكهّن بأحوال الطقس إلاّ لأيّام قليلة.

وهذه النتيجة الأساسيّة الجوهريّة في ما يخصّ الفكر والحدود التي يمكن أن نضعها للعلم لم يتيسّر اكتشافها إلاّ بفضل الحاسوب، وقد حدس "هنري بوانكري" H.Poincaré بهذه الظاهرة الحسابيّة في بداية القرن العشرين أثناء درسه لمشكلة الأجسام الثلاثة في الميكانيكا الفلكيّة. ولكنّه لم يتمكّن من إثبات ذلك لأنّه لم يكن يمتلك قوّة الحساب التي يوفّرها الحاسوب. وقد أدّى هذا الاكتشاف إلى فتح أفق جديد في ما يخصّ العلاقة بين المنطق الأساسي لنظام ما وكيفيّة تصرّف هذا

61 - أعطيت أمثلة في كتابي : قليل من مزيد العلم لكلّ الناس : أحسبْ سلسلة الأعداد مستعينا باللّوغرتمات: $X(t+1)=x(t)+b(1-x(t))$ وفيها $b=4$ و $x=0.4$.

النظام. واتّضح في نفس الآن أنّه يوجد نوع من الظواهر يجب أن نعترف بأنّه لا يمكن توقّعها ولن يكون ذلك ممكنا أبدا. ومعرفتنا للقوانين الدّقيقة المتحكّمة في تصرّف نظام ما لا تسمح بمعرفة مستقبله. ويُعتبر ذلك قفزة هائلة في الفكر العقليّ المنطقيّ، وفي هذا النوع من الظواهر يمكن أن نُدرج، حسب رأيي، المناخَ والزلازلَ وقِيم البورصة وتطوّرات سائل في حالة اضطراب. والحقّ أنّي لم أثبت ذلك، ولكنّ ما تتّسم به هذه الأنظمة من التعقيد وتقلّباتها الفجئيّة تجعلني أحدس بأنْ لا سبيل إلى التكهّن بتصرّفاتها ولو على وجه الاحتمال. ولكنّ عجزنا عن توقّع سلوكها في المستقبل لا يعني أنّنا لا نستطيع درسَها وضَبط خصائصها. وتاريخ البشر نفسه وكذلك السياسة والتطوّر الاقتصادي لا يمكن التكهّن بمستقبلها ولكنّنا نخضعها رغم ذلك للدّراسة ونجهدُ أحيانا لتوقّــع منقلباتها.

وليس من التناقض أنْ نعلن أنّه لا يجب الاستعدادُ للمستقبل لأنّه لا يمكن التكهّن به. وسنعود لاحقا إلى هذه القضيّة.

الإعلام مفهومٌ علميٌ أساسيّ

من القيم الأساسيّة التي أبرزها الحاسوبُ وإنْ لم يخترعها الإعلامُ. والمخترعُ لمفهوم الإعلام في معناه العلميّ هو مهندس الاتّصالات اللاسلكيّة "كلود شانون" C.Shannon الأستاذ بمعهد التكنولوجيا بمَسّاشوسات. وكان ذلك سنة 1948 حين لمس الحاجة إلى إيصال الرّسائل بواسطة خطوط الهاتف وبدون أيّ خطإ.

وتمكّن شيئا فشيئا من أن يحدّدَ ويُعرّف هذا المفهوم المجرّد. ونعني "كميّةالمعلومات" التي نحصل عليها بإنجاز تجربة ما. وبها ينقص ما كان عندنا من شكّ قبل أن نحصل عليها. أنْ تعرف يعني أنْ تحذف ! ولذلك حدّد "شانون"

دالّة رياضيّة يقيس بها كميّة المعلومات. وانطلاقا منها يمكن أن نضبط كمّيةَ المعارف التي تحتوي عليها رسالة أو كتاب أو قطعة موسيقيّة أو جزيء حامض نوويّ الخ... ثمّ بيّنَ "ليون بريبون" L.Brillouin وهو فرنسي هاجر إلى الولايات المتحدة، أنّ كميّة المعلومات هي عكس القيمة الديناميّة الحراريّة التي نسمّيها القصور الحراري. وبها نقيس الفوضى في نظام ما. وإذا انخفضت كميّةُ الفوضى أنتجت معلومة، وسيصبح هذا المفهوم قاعدة نظريّة في علم الحواسيب ولذلك سُمّيَ بـ "الإعلاميّة". ولكنّه سيحتلّ كذلك البيولوجيا ومنطقَ الأنظمة.

بل إنّ الإعلام سيحتلّ المجتمعَ كلّه إلى حدّ أن جعل منه "مجتمع الإعلام" وأصبحت المعلومةُ سلعة تجاريّة، ويمكن أن نحدّد تكلفةَ وحدةَ إعلاميّة أو قدرةَ نظام ما على نقل أو إنتاج المعلومات. ويتمّ كلّ ذلك بطرق رياضيّة دقيقة صارمة، والمتوقّعُ أن يكون اقتصاد الغد اقتصاد الإعلام. ويرى بعضهم أنّ منْ يمتلك الإعلامَ يمتلك السلطة. ومقابل ذلك أصبح حجب المعلومة، أي أصبح السرّ موقفا يمكن تبريره رياضيّا.

ورغم ذلك ما زلنا لم نهضم حقّ الهضم قيمة الإعلام الأخلاقيّةَ. ومن الشواهد على ذلك الأنترنات فهي الوليد الخالص لتكنولوجيا الإعلام. وقد نبّهتنا الفلسفةُ إلى أنّ حرّيتنا تقف عندما تتقاطع مع حريّة الآخر. فهل نطبّق هذا المبدأ على الشبكة العنكبوتيّة. ويمكن أن نذمَ أحدهم بكلّ حريّة وأن نبثّ أخبارا كاذبة عنه وأن نسرق أعماله... ويكفي أن نقرن بين الهاتف الجوّال والتّحديد الموقعيّ بالأقمار الاصطناعيّة والأنترنات حتّى نتمكّن من عرض حياته الخاصّة على شاشة أمام الجميع. وحين نتحدّث عن تقنين الأنترنات يبادر الناس إلى الاحتجاج باسم الحريّة ! ومن الواجب أن نعي أنّ الإعلام قيمة أساسيّة لا تقلّ قدرا عن الطاقة

أو المادّة أو العمل، فكذلك فقط يمكن إدراجُها في المنظومة الأخلاقيّة. وهذا سيكون أحد التحدّيات الكبيرة في القرن الواحد والعشرين.

الكسريّات

مخترع الهندسة الكسريّة هو الفرنسيّ "بنوا منْدَلْبرُو" B.Mondelbrot[62] وهو أيضا من المهاجرين إلى الولايات المتحدة. ويعمل بـ "اب.م" I.B.M. وهذه الهندسة وليد خالص للحاسوب.

ونعرف أنّ الخطّ المستقيم له بُعد واحد، والمستوى له بُعدان اثنان والسّعة لها 3 أبعاد. وأمّا البنية الكسريّة فلها بُعد كسريّ : 3/1 ، 5/2 الخ... وهذه البُنى هي تلك التي نجدها في سحابة ما أو في الكرنب وهي التي تتلاءم مع هيكل جبل ما. وفي كلّ هذه الحالات تتشابه البُنى مهما كان السّلّم المعتمدُ في النّظر إليها. وتتركّب كلّ هذه البنى من بُنى متداخلة وكلّها متماثلة مهما كانت الأحجام. ونقول عنها أنّها متماثلة بذاتها.

وهذه البنى لا تخضع لقواعد الهندسة أو للأبنية الرّياضيّة كالخطوط البيانيّة أو الأوساع العاديّة، ولذا وجب ضبطُ منطق خاصّ بها، ضبطُ رياضيات جديدة. وهي تجمع في حقيقتها أعمالا قديمة متفرّقة ومجهولة. والغريب أنّ عددا كبيرا من البُنى التي تصادفنا في الطبيعة هي بُنى كسريّة، ومنها الشبكة الرّئويّة وعروق ورق الشجر وشبكات الأنهار وتضاريس الجبال والمستحلبات والأصباغ الخ...

والكسور تسمح لنا بتمثيل الطبيعة وتجسيمها على نَحوٍ ما كنّا قادرين عليه قبل ذلك، والفلكيون يرون أنّ الكون نفسه له بنية كسريّة.

---

62 - راجع : B.Mandellbrot : Les fractales ; Flammation. Paris 1998

وهكذا استعرضنا الفوضى والإعلامَ والكسور. إنّ الإعلاميّة علم حقيقيّ مستقلّ. ولم يبرز إلاّ بعد عناء طويل[63] بسبب شدّة مقاومة العلوم الكلاسيكيّة له لاعتبارها أنّ الإعلاميّة تقنيّة وليست علما.

الطّارئ و التّركيبيّة. الاكتشاف و الاختراع

ليس الحاسوب نتاجا لاكتشاف قوانين الطّبيعة. وهو من هذه الناحية ذو قرابة وثيقة مع الرّياضيات وليس اكتشافا وإنّما هو اختراع، وهو ليس موضوعا ذهنيّا بل هو شيء ماديّ حقيقيّ.

ولكنّ علم الحواسيب وإنْ كان ذا قرابة مع الرّياضيات تطوّر بدونها تقريبا. وذلك بالجمع بين التّركيبيّة والتكنولوجيا، بالمزاوجة بطرق مختلفة متنوّعة بين مئات الآلاف من الأشكال الأوليّة البسيطة. إنّ التّركيب والزّيادة في العدد هما اللّذان يصنعان التّعقيد.

وأوّل نجاح كبير حقّقتْه التّركيبيّة هو الحاسوب، (ومعه الكيمياء) وممّا يسّر ذلك بروزُ ظاهرة الطّارئ في التّركيبيّة، إذ نعرف التصرّف الفرديّ الذّاتيّ لكلّ العناصر. ولكنّنا لا نعرف سلوكها وهي مؤتلفة. والتّركيبيّة متنوّعة، ومنها تركيبيّةُ الرقــاقات وتركيبيّة الدّارات وتركيبيّة التصاميم، ولكنّ هذا الفنّ التّركيبيّ ليس مطّردا ممنهجا، وليس آليّا، والحاسوب هو بالتالي تجميع معقّد لعناصر بسيطة وفقا لقواعد متنوّعة جدّا.

63 - رغم جهودي رفض المركز الوطني للبحث العلمي إنشاء قسم للإعلاميّة وليس لأكاديميّة العلوم كيان إعلاميّ مكتمل.

ومن مظاهر الطّرافة الأخرى في علم الحواسيب أنّه يعكس النّظام المنطقي الذي أقرّه القرن التّاسع عشر بين العلم والتّطبيق. وفعلا لا يمكن أن نقول إنّ الحاسوب هو تطبيق للعلم، وصحيح أنّ الترانزيستور هو من نتائج فيزياء الموادّ الصّلبة ولكنّ هذا الشيء الذي نسمّيه " الحاسوب " بمجمل خصائصه وبما فيه من طرافة ليس وليد الإعلاميّة وحدها. والمرجّح أنّنا هنا أمام علم أنشأه مُنتَــج.

ولا يحدّ ذلك من قيمة العلم باعتباره حاملا لرسالة جليلة القدر تستحقّ منّا أن نلحّ عليها، وهي قوّة التّركيبيّة بدليل أنّها تصنع عالما معقّدا متنوّعا إلى اللانهاية بالجمع بين وحدات أوّليّة بسيطة وبالثنائيّ 0 و 1 صنعنا اللا منتهي (تقريبا).

ويتيح الحاسوب اليوم حلّ مشاكل حسابيّة يعسر حلّها على مائتي جيل من الرّياضيين وهو بصدد الحلول محلّ الرّياضيات في عدد كبير من المقاربات الكميّة في أذهان عدد كبير من التلاميذ والطّلبة، ودورهم في علم الغد لا يتحدّد مسبقا. فهل سيتواصل اعتمادُ الرّياضيات في الحساب ؟ ومنذ ظهور الحاسبات الصّغيرة لم نعد نعلّمهم كيف يجدون الجذر المربّع وكيف يستعملون جداول اللّوغرتمات؟ وهل سيتواصل غدا تدريس طريقة بناء المنحنيات أو حساب التكامل المعقّد ؟ ولا شكّ في أنّ الحاسوب سيدفعنا إلى إعادة النّظر في الرّياضيات من حيث هي أداةُ مساعدة لا غنى عنها في العلوم ونشاط ينمّي الفكر التجريديّ.

والحقّ أنّ الرياضيات تمثّل لغة لا بدّ منها في التفكير العلميّ ويجب أن تحافظ على مكانتها المركزيّة في علوم الطبيعة. ولكنّ الجانب الحسابيّ النّفعيّ منها ألن يزول ؟ أليس من الضروريّ أن نغيّر جذريّا تدريسنا لها؟ خاصّة والإعلاميّة نفسها تنزع اليوم إلى الاستقلال بنفسها.

ونلاحظ من ناحية أخرى أنّ تطوّر البرمجيّات أنتج نشاطا علميّا جديدا هو منطقُ وسائل التّعبير الإعلاميّة، وهو نوع من الألسنيّة الشّكليّة التّي تسعى إلى استخراج قواعدَ لكتابة البرمجيات أو لتصوّر هندسات معماريّة جديدة للحواسيب. ومن البحوث الأخرى المثيرة للاهتمام تلك التي تريد تحقيق الكتابة الآليّة للبرمجيّات بحيث يمكن للآلات أن تنتج برمجيّاتها بنفسها. وذلك ما يُعدّ الآن من باب الحلم، إلاّ أنّه توجَد بعدُ آلات يمكنها تحويلُ كتابة ما إلى أخرى أي إنّها قادرة على تكييف تعليمات كُتبت لآلات أخرى لها معمار مختلف بجعلها تلائم معمارها الذاتيّ الخاصّ.

المحاكاة على الحاسوب : الافتراضيّ أم الواقعيّ ؟

غالبا ما يُذكر القولُ المأثور الذي أطلقه "إزوب" وهو أنّ " أحسن شيء هو أسوأ شيء" من حيث يسمح بالتواصل أو التّحابب أو التّباغض والتّشاتم. والقالب الجديد لهذا المثل هو السكّين فبه نقطّع الخبز وبه نعتدي على الجار، ولا شكّ في أنّ الحاسوب بعد عقود من الآن سيكون صاحب الفضل في تحقيق انجازات مذهلة كالمغامرة الفضائيّة وتحسُّن آلات التصوير الطبيّة، ولكنّه سيكون أيضا هو المتسبّب في الأزمة الاقتصاديّة بسبب افتقار المختصّين إلى نمذجة دقيقة لنظريّة الفوضى وسوء فهمهم لهذه النظريّة. والملاحظ أنّ الأنظمة المعقّدة لها قدرة على الحساب وعلى المحاكاة بواسطة الحاسوب هائلة جدّا. وقد سبق لنا أن أشرنا إلى أنّ كلّ ذلك ما كان ليتصوّرَه علماءُ القرن التاسع عشر، إذ نقيس اليوم في بعض الثواني مدارات الكواكب بينما قضى كِبْلر عشرة سنوات لإنجاز هذه العمليّة بالحساب اليدوي، وبدون الحواسيب ما كنّا نستطيع أن نصنع آليات القيس الحديثة سواء منها آلات التّصوير أو أدوات التّحليل الطّيفيّ. وبدونها لبقي علمُ الفلك في مستوى "عصر غاليلي".

وأنا من المستعملين الأوائل للحاسوب في الجيولوجيا، وفعلا استعملته في التّجارب المخبريّة وفي المقاربات النظريّة، وأنا بالتالي آخر من يمكن أن يُتّهم بمجافاة الحواسيب، ولكنّي أعارض بعض الاستعمالات المفرطة لهذه الآلة. وفكرة أنّ النّموذج الذي وضعه الحاسوب يمكنه أن يعوّض رصدَ الطبيعة هي في نظري خطر قاتل للعلم. إنّ سيطرة الواقعيّ على الافتراضي جوهريّة لبقاء العلوم بل ولبقاء حضارتنا أيضا. وإن عكسنا الوضعيّةَ أتحنا لأفلاطون أن يثأر من أرسطو، ومكنّا الاعتباطيّ من أن يستبدّ بنا.

ونحن نتفهّم مسعى واضعي النّماذج الإعلاميّة، ونعرف أنّه يستحيل إجراءُ التجارب المخبريّة بالنسبة إلى الأنظمة الطّبيعيّة التي تمتدّ على آلاف أو ملايين أو مليارات السنوات وتلك هي حال علم الفلك وعلوم الأرض. ولذلك يميل بعضهم إلى الحلم. وهم يظنّون أنّه يمكن الاستغناء عن التّجريب بمحاكاة هذه الظواهر على الحاسوب. وهكذا ستكون التجربة عندهم رقميّة. وسيعيدون بناء الطبيعة "في المخبر".

وقد انطلق رجال الاقتصاد في نفس الاتّجاه، وكانت لهم في ذلك مبرّرات مشروعة مماثلة لتلك التي اعتمدها علماء الطّبيعة، وكذلك فعل رجال المال أيضا، ونعرف أنّ كلّ هؤلاء هم الذين قادونا إلى المصيبة إلى الأزمة الاقتصاديّة. رغم أنّ النماذج الإعلاميّة كانت تشير إلى أنّه يمكنهم العمل في كلّ مكان. وفي فيزياء الأرض الدّاخليّة انغمس المختصّون في نمذجة داخل الأرض لتفسير تكتونيّة الصّفائح، فضاعت سدى جهودُ عشرين سنة، وكان الفشل كاملا، وقد تطوّرت كذلك نمذجةُ المناخ ولم تراع تحذيراتِ "لُورنز" رغم أنّه مختصّ في الرّصد الجوّي، ولم تراع أيضا الظواهر الفوضويّة.

ولا شكّ في أنّ هذه المقاربات ستفضي إلى فشل ذريع في القرن الواحد والعشرين، فهل سيتّعظ بذلك أهل الاختصاص ؟

ذلك هو الثمن الذي يقتضيه مستقبل العلم : وهو أنْ لا وجودَ للعلم بدون رصد للأحداث على أنّها هي المرجعيّة القصوى، وأمّا الألعاب الذهنيّة فهي مفيدة حقّا ولكنّها تنتمي إلى ميدان آخر. ويجمل بنا أن نستعمل التّجريب الرّقميّ وأن نقارنه بالرّصد. فلنا في ذلك وسيلة جيّدة للفهم والبحث. ولنا فيه منهج ناجع لكشف ما نجهله. وسيجد المستقبلُ في ذلك موضوعا هامّا للجدل: ونعني لمن ستكون الغلبة للواقعيّ أم للافتراضي ؟ وسيجد فيه القرنُ الواحد والعشرون تحدّيا يتجاوز بكثير هذه الأمثلة البسيطة ! ولكنّ هذا التساؤل هو منْ إنتاج الإعلاميّة المباشر. وحتّى الرياضيات لم تنتج أبدا مثل هذه الثمرة.

توقّع ما لا يمكن توقّعه

كلّنا نعلم أنّ العلم إن عرف أمكنه أن يتوقّع ويحتاط. وكونُ التوقّع مستحيلا يعني أنّ معرفتنا للنّظام المعنيّ ليست كاملة. وسنتدارك بفضل التقدّم العلميّ ما يَسِم معارفنا من القصور، وعندئذ يمكننا أن نتكهّن بالمستقبل، سنكون قد اكتشفنا القانونَ المعنيّ وأزحنا الصّدفةَ. "إذ ما الصّدفة إلاّ لفظ نغطّي به جهلنا" كما قال "إميل بورال" E.Borel وهو من كبار المختصّين في حساب الاحتمالات.

وذلك ليس صحيحا، فقد نبّهنا منطقُ الفوضى إلى أنّه يمكن أن نعرف جيّدا ظاهرة ما وأن نحدّد المعادلةَ الرياضيّة المترجمة لتطوّرها وأن نعجزَ مع ذلك على توقّع تطوّرها هذا. وكلّ ما حولنا يدفعنا إلى الاعتقاد في أنّ العديد من الأنظمة الطّبيعيّة تخضع لمنطق الفوضى. ومن البيّن أنّ اجتماع القوانين البسيطة يسوق إلى المركّب

الفوضويّ. والتوازنات بين الكائنات الحيّة وتكيّف الأنواع مع محيطها تتحكّم فيها كلّها الفوضى. وقد بيّن ذلك على نحو جيّد "رُوبار ماي R.May" واستحقّ عليه جائزة كرافورد. وكذلك الأوبئة فهي فوضويّة سواء في ظهورها أو في تفشّيها وانتشارها. ونبضُ القلب نفسه فوضويّ. والقلبُ خلافا لما نظنّ يكون مريضا عندما يصبح نبضه منتظما جدّا. والتحوّلات الوراثيّة فوضويّة هي الأخرى. ونقول بإيجاز أنّ الأنظمة الطبيعيّة التي تتحكّم فيها ثلاثة أو أربعة عوامل مستقلّة ولكنّها متفاعلة في ما بينها هي أنظمة فوضويّة. ومنها الزّلازلُ والثورات البركانيّة والطّقس والمناخ والاقتصادُ والأسواق الماليّة.

فكيف يمكن توقّع المستقبل وهو محلّ ُ شكّ وتقلّب ؟

وإن شئنا الاستعداد لكلّ الطوارئ ومبدأ الاحتياط في صميمه يدعونا إلى ذلك فلا حلّ لنا إلاّ في إيقاف كلّ ما يتعلّق بالرُّقيّ والابتهال إلى الله لحمايتنا من المصائب الطّبيعيّة وأنا لا أنصح بمثل هذا الموقف.

والأحسن أن نهتدي في موقفنا بالقيمتين الجوهريتين: الحيطة والتكيّف. والحيطة هي ما نقوم به حين نشيّد مباني مقاومة للزّلازل ونعمّم التلقيحَ أو حملات الاستكشاف لهذا المرض أو ذاك ونتحصّن لمواجهة مختلف الكوارث الطّبيعيّة. وردّ الفعل هذا معروف. لأنّ التكيّف في صميمه يعني امتلاك الآليات المناسبة لردّ الفعل. وعلى هذه الآليات أن تَكون بسيطة مرنة حتّى نتمكّن بفضلها من تعديل مواقفنا وفقا للحوادث الطّارئة، سواء كانت خطرا مفاجئا أو أزمة ماليّة أو اقتصاديّة أو جفافا. وممّا تعنيه الحيطة أيضا أن نعرف كيف نَعدّل ُ برامجَ البحث حتّى تتكيّف بسرعة مع ظهور اكتشاف جديد أو علم جديد. إنّ ردّ الفعل السّريع لمواجهة الطّارئ من الأحداث هو مفتاح المستقبل.

الفصل الخامس

العلوم الفيزيائيّة في القرن الواحد و العشرين

خصال مخترع كبير معادلة على الأقلّ لخصال مُنظّر كبير

-الأشياء الهشّة-

بيارجيل دوجان

كانت الفيزياء هي المسيطرة بدون منازع على العلم في القرن العشرين، فهي التي فتحت الطّريق للبيولوجيا وعلم الفلك وعلوم الأرض والإعلاميّة. ولا شكّ في أنّها مدينة بنجاحها للنّافذة التّي فتحتْها على العالم اللاّمتناهي الصّغر وذلك بفضل أداة الاستكشاف الجبّارة المتمثّلة في الميكانيكا الكميّة. وهي مدينة به أيضا لقدرتها على ترجمة اكتشافاتها المختلفة إلى انجازات تكنولوجيّة رائدة. وهكذا أتاحت الفيزياء للمعرفة أن تتقدّم ولكنّها غيّرت أيضا تغييرا جذريّا نمطَ عيش المليارات من البشر، وقد استفادت التكنولوجيا حتّى من العمليات الأساسيّة النّظريّة كتلك التي تهتمّ بها فيزياء الطاقات العالية. وقد مثّل المركزُ الأوروبي

للبحث النوويّ فضاء ممتازا لكلّ ضروب التكنولوجيا الطلائعيّة وكوّن العديدَ من مديري البحوث الصناعيّة أفليس هو الذي أنشأ الأنترنات ؟ والعاملُ الآخر الذي أفادت منه الفيزياء هو أنّها لم تواجه أيّة معارضة من الأوساط الدينيّة أو أنصار البيئة باستثناء تلك التي حصلت في خصوص الطاقة النوويّة.

ومن حقّنا أن نتساءل ونحن في مستهلّ القرن الواحد والعشرين : ألم تبلُغ الفيزياء نهاية مطالبها ؟ وهل ما زال للبحث العلمي في هذا المجال مستقبل كبير؟ ألم تُـحكِم الفيزياء وضعَ الجوهريّ من القوانين الأوليّة بكيفيّة متينة ونهائيّة ؟

ومن الثابت أنّ الفيزياء ستبقى هي النشاط المركزيّ في العلوم وتواصل احتلالَها للمرتبة الأولى في تدريس العلوم. ولكن هل ما زال للبحث العلمي في الفيزياء مستقبل كبير في القرن الواحد والعشرين ؟ وهل في هذا السؤال ذاته تحامل على الفيزياء وطعن فيها ؟ ولا أُقصي من هذا المجال الانجازات التكنولوجيّة المتّصلة بالفيزياء. وأنا أعتقد اعتقادا راسخا أنّها ستكون خصبة، قيّمة، وخاصّة في ميدان تكنولوجيا النّانو. والقضايا الأساسيّةُ التي تبسطها الفيزياء هي سمادُ التطوّر التكنولوجي، وإنْ لم تهتد إلى الأجوبة المناسبة لها فقد يتواصل انحباسُها في الأبنية الرياضيّة ؟

ولا يغيب عنّي في هذا الصّدد ما قاله اللّورد "ريله" Rayleigh وهو من كبار الفيزيائيين إذ أعلن في نهاية القرن التاسع عشر : " انتهت الفيزياء وفهمنا كلّ شيء الميكانيكا والدّيناميّة الحراريّة والبصريات والكهرطيسيّة. صحيح أنّه بقيت هذه الظاهرة "الصّغيرة" المفعول الكهرضوئي الذي لا نفهمه، ولكنّه هامشيّ" ونعرف أنّ فهم اينشتاين لهذه الظّاهرة " الصّغيرة " هو الذي كان منبع الانفجار العلمي في القرن العشرين، وهو الذي عَرَضنا له في الفصول السّابقة.

ولا يغيب عنّي أيضا أنّ قضايا جوهريّة كثيرة ما زالت مبسوطة. من ذلك الكواركات هل هي وحدات المادّة الأوّليّة القصوى أم هل توجَد مركّبات أدقّ منها وأصغر ؟ والقوى الفاعلةُ في الطبيعة نوعان : فلنا من ناحية أولى القوى الكهرطيسيّة التي تشمل القوى النوويّة الشديدة والقوى النوويّة الضّعيفة. ولنا من ناحية ثانية قوّة الجاذبيّة التي اكتشفها نيوتن. فهل سنقيم الدّليل على وجود قوّة واحدة في الطبيعة تتّخذ أشكالا مختلفة وفقا للظروف ؟ وتطالعنا قضيّة أخرى أهمّ من هذا، وهي إن كنّا نعرف فعلا جميع القوى الطّبيعيّة ؟ وهذا السؤال يرتبط مباشرة بطبيعة الطّاقة السّوداء التي يبدو أنّها قوّة جوهريّة تُيسّر فهمَنا لتطوّر الكون كما سنوضّحه الآن. وفي هذا العهد الذي يمكننا فيه إجراءُ التّجارب على مستوى بعض الذرّات ودراسةُ بعض الظواهر بالتصرّف في الالكترونات واحدا واحدا ألن يؤول بنا الأمر إلى أن نضع الميكانيكا الكميّة موضعَ الشكّ وهي التي صمدت حتّى الآن لكلّ الهجومات ؟ ويمكن أن نبسط الأمر بكيفيّة مبسّطة إلاّ أنّها قد تكون أعمق فنسأل : بأيّ آليات فيزيائيّة نمرّ من الفيزياء الصّغريّة وهي بطبيعتها احتماليّة إلى فيزياء العالم المرئيّ وهي حتميّة ؟. وفكرة أنّ العالم احتمالي ومتقلّب تبدو منافية جدّا لثقافتنا وقوى الحدس عندنا إلى حدّ أنّ الفكر يسعى إلى إيجاد مهرب له منها. وقد انتبه اينشتاين إلى ذلك. وهل فهمنا فهما جيّدا بعض المفاهيم كالفوضى والكونيّة والانتقال من سلّم إلى سلّم؟ وهل انتهت فيزياء المادّة الرّخوية؟ من البيّن إذن أنّ مجال التساؤل ما زال واسعا. وما من شيء يسمح بأنْ نجزم بأنّ الجواب عن هذا السؤال أو ذاك لن تُولدَ منه ثورة أساسيّة في مثل أهميّة ثورة 1905. إنّ البحث النظري في الفيزياء لم ينته. ويجمل بأهل القرار أن لا ينسوا ذلك، إلاّ أنّ هذا البحث قد يفقد بعضَ ما كان له من قوّة في القرن العشرين.

وأظنّ أنّ القرن الواحد والعشرين سيكون قرنَ علوم الطبيعة. ففيه ستشهد البيولوجيا تطوّرا لم يسبق لها أن عرفتْه، وفيه سيزداد فهمُنا للأرض من حيث هي نظام، وسيكون أيضا قرنَ علوم الفكر والمعرفة التي ستُزاوج بين تكنولوجيات الإعلام والمواصلات وعلوم الأعصاب وبعض العلوم الإنسانيّة، ونرى أنّ الكيمياء ستحتلّ مكانة مركزيّة في تطوّر علوم الطّبيعة بفضل ازدهار كيمياء الأحياء والبيولوجيا الجزيئيّة وكيمياء الأرض.

البحث عن القوّة الكونيّة

حين نفحص التطوّرات التّاريخيّة التي عاشتْها الفيزياء تشدّ نظرنا عملياتُ التأليف المتعاقبة. فقد ألّف "نيوتن" بين قوانين سقوط الأجسام التي اكتشفها "غاليلي" وحركة الكواكب التي حدّدها "كبلر". ووحّد "أمبار" Ampère و"فَرَداي" Faraday بين المغناطيس والكهرباء. وأفلح "مكْسَوال" في توطيد الكهرطيسيّة بعد أن أثبت أنّ الأشعّة السّينيّة والضوء وموجات الرّاديو تخضع كلّها لنفس المعادلات ونفس النظريّةَ. وشرح العناصر التي تجعل الكهرباء والمغناطيس ظاهرتين مترابطتين. ووحّدت الميكانيكا الكميّة النظريّةَ الجسيميّةَ في الضوء والنظريّة التموّجيّة باستنباط مفهوم الموجة-الجُسيم. ثمّ بادرت الكهرديناميّة إلى الجمع بين الميكانيكا الكميّة، والكهرطيسيّة في بناء واحد ومضت تستكشف به العالمَ المجهريّ. وتمكّن "اينشتاين" من خلال نظريتي النّسبيّة المحدودة والعامّة من تعميم مقاربة نيوتن وفتح آفاق جديدة لها.

ومنذ ذلك العهد ورغم جهود جهابذة الفيزياء بدءا باينشتاين لم يتمكّن الفكرُ الكمّي والفكرُ النّسبيّ من الالتحام والاتّحاد. وقد سمحت النظريات التي وُضعت لشرح القوى النوويّة الشديدة والضّعيفة بإدراجهما ضمن العنوان الكبير: عنوان

القوى الكهرطيسيّة. ولكنّ قوى الجاذبيّة أبت أن تخضع لأيّ عمليّة توحيديّة. إلاّ أنّ الفيزيائيين مقتنعون رغم ذلك بأنّ هذين الصّنفين الكبيرين من القوى لا بدّ من أن يجدا ذات يوم قاسما مشتركا بينهما.

وسعيا منهم إلى حلّ هذه القضيّة وضعوا منذ ثلاثين سنة نظريّة جديدة: هي نظريّة الحبال، وتفصيلُها أنّه لا بدّ لنا إن شئنا تمثيلَ الجزيْء وتجسيدَه من الإقرار بأنّه ليس نقطة أو كُريّة صغيرة. وإنّما هو قطعة صغيرة جدّا من "خيط" أو من حبل يمكنها أن تنغلق على نفسها أو أن تبقى ممدّدة طليقة. وهذا الحبلُ المجهريّ يخفق ويقوم بحركات طريفة جدّا ولا تتعدّى الإطار الكمّي.

وقد نشأت عن هذه النظريّة أبنية رياضيّة معقّدة ومفيدة جدّا إلى حدّ أنّ الرياضيين أسندوا جائزة لأبرز المنجزين لها، وهو "إدوارد ويتن" E.Whitten وقد نال ميداليّة "فيلد" Field ثمّ جائزة كرافورد للرّياضيات، إلاّ أنّه لم تُسجّل أيّة نتيجة نهائيّة إلى حدّ الآن.

وأمّا على المستوى التّجريبي فيسعى المختصّون إلى بناء آلات لاكتشاف موجات الجاذبيّة وبيان أنّها تشترك مع الموجات الكهرطيسيّة في الانتماء إلى نفس النّوع. وهنا أيضا لم تظهر النتائج بعدُ، ولا شكّ في أنّ العمليّة عسيرة دقيقة إنْ اعتبرنا أنّ حاصلَ قسمةِ القوّة الكهربائيّة على قوّة الجاذبيّة لاصطفاء ذرّة الهيدروجين يساوي: 2.3×10^{30} وذلك يعني أن تبحثَ عن إبرة في كومة تبن. ولذلك اتّجهت الهمَة إلى الفيزياء الفلكيّة. ففيها بدون شكّ يكمن مستقبل الفيزياء النظريّة.

البحث النّظريّ في الفيزياء الفلكيّة

أظنّ أنّ فيزياء الطاقات العالية والفيزياء الفلكيّة ستسعيان في القرن الواحد والعشرين إلى مزيد من التّلاحم. ونشير في هذا الشأن إلى أنّ الفيزيائيين الفلكيين كان لهم دور حاسم في العقود الأخيرة في الاكتشافات الفيزيائيّة التي تُوّجت بجوائز عالميّة وفازت بجوائز نوبل كثيرة.

والملاحظُ أنّ فيزيائيي الجزَيْئات يحتاجون إلى طاقات لا يمكن أن يوفّرها إلاّ الكون. وهنا أيضا يظهر أنّ المساعي تتقارب. وحين يجتهد الفيزيائيون في مُسرّع الجزَيئات الأوروبيّ الكبير ليبرّروا للناس المبالغ الضخمة المرصودة لهم يقولون إنّهم بصدد البحث في آليات الانفجار الأكبر وفي أصل الكون. ولا شكّ في أنّ التحدّي الكبير الذي يواجه هذه الجمهرةَ من العلماء هو طبيعةُ المادّة السّوداء والطاقة السّوداء، والأرصاد هي التي سمحت بظهور هذين المفهومين.

ويُمكننا رصدُ سرعة دوران المجرّات من تحديد كتلتها. وبوُسعنا أن نحاول الوصول إلى هذه النتيجة بجمع كُتل النجوم وكتلة المادّة المنتشرة بين الأجرام وكتلة منابع الإشعاع الخ... وقد أظهرت المقارنة بين هذين الطريقتين في الحساب وجودَ تناقض بيّن، وهو أنّ المادّة المرئيّة لا تمثّل إلاّ 10 % من كتلة المجرّة المعنيّة، ومن الطبيعي، نتيجة لذلك، أن يخامرنا السؤال التالي : ما هي طبيعة المادّة التي لا نراها والتي من الطبيعي أن نسمّيها بالتالي بالسّوداء ؟

ونسوق ملاحظة أخرى تتّصل بتوسّع الكون، وتتمثّل في اكتشاف المختصّين لظاهرة غير متوقّعة أثناء دراستهم الدّقيقة لتوسّع الكون. وكانوا يتوقّعون أن يُهدّئ الكونُ من سرعة توسّعه وأنّ قوّة الجاذبيّة المتبادلة بين كلّ المجرّات ستضطلع بدور الكابح. بل أنّ بعضهم يرى أنّ التوسّعَ سينعكس وأنّ المادّة ستتجمّع من جديد

لتُحدث الارتطام الأكبر. وعندئذ سينقبض الكونُ ويصبح نقطة، ولكنّ أرصادا جديدة بيّنت أنّ التوسّع يتسارع. وأنّ المجرّات النائية تتباعد عن بعضها بسرعة متزايدة. فما هي قوةُ التنافر بين المجرّات التي تدفعها إلى التباعد ؟ وما هي طبيعة هذه الطّاقة التي نسمّيها بالسّوداء ؟ [64].

وهكذا نكتشف أنّنا، مع قوانين الفيزياء الحالية لا نفهم الكون. وربّما توجَد مادّة ذات طبيعة مجهولة وقوّة مجهولة هي الأخرى. ولكليهما فعلُها في الكون شريطة أن تكون الأرصاد التي اعتُمدتْ في هذه الاستنتاجات صحيحة ! وفي ما يخصّ المادّةَ السّوداء يشير المختصّون اليوم إلى وجود نقاط سوداء صغيرة يرجّحون أن تكون قد تكوّنت في بداية الكون وأن تكون قد ساهمت جزئيّا في نقص المادّة الّذي أشرنا إليه. ويقرّون أيضا بوجود جزيئات مجهولة ولها كتلة كبيرة جدّا.

وأمّا في ما يتعلّق بالطاقة السّوداء فيجب أن نتذكّر أنّ قيسَ المسافات بمليارات السنوات الضوئيّة يقوم على نظريات جسورة سمحت بإيجاد المعايير المناسبة. وقد استعمل "هابل" النجوم المشتعلة. ونستعمل اليوم السّوبرنوفا. ومن وراء هذه الطّرائق توجد نظريات تسندها وتبرّرها. وما من شيء يضمن أن لا يظهر غدا تعيير جديد للمسافات يسوق إلى "تبخّر" الطّاقة السّوداء[65].

وفي هذا الذي قدّمتُ تحدّ آخر للمنظّرين والمجرّبين والرّاصدين. إنّه مشكل يبسط ولا حلّ له الآن.

---

64 - لو سمّيناها المظلمة لكان أحسن لتجنّب الخلط بينها وبين المادّة التي لا نراها.

65 - يرفض زملائي الفلكيون هذه الفكرة.

البنية الدّقيقة للمادّة

يواجه فيزيائيو الطّاقات العالية قضايا بسيطة جدّا في نصّها.

1 . هل النموذج الموحّد للجزيئات الأوّليّة وجيه ويستحقّ أن نثق فيه؟ والحقيقةُ أنّ هذا النموذج ما زال ناقصا ما دمنا لم نكتشف "بَزون هيقس" Higgs الشّهير الذي توقّع هذا العالم وجوده. ولم يظهر إلى الآن. ويبدو أنّ مسرّع الجسيمات الأوروبي الكبير وقع إنشاؤه لهذا الغرض، وإن لم نُوفّق إلى اكتشافه أو اكتشفنا شيئا آخر لا يتلاءم مع النموذج الموحّد أفلا تكون الكارثة أو البداية لعهد جديد ؟ لنترقّب حتّى نرى.

2 . هل الكواركات هي المركّبات القصوى للمادّة ؟ أم هل تُوجد جسيمات أصغر منها يتكوّن منها الكوارك نفسه ؟ لا أحد يملك الجواب الآن.

ولنا، للإجابة عن كلّ هذه الأسئلة مسلكان متوازيان : النظريّة والتّجارب. والنظريّةُ ممعنة أكثر فأكثر في الرياضيات والغموض وأمّا التجارب فتكلّفنا مبالغ ماليّة أكبر فأكبر، وأظنّ أنّه من الضروري أن يتمادى التّشجيع على هذه البحوث، وأمّا البحوث النظريّة جدّا الخاصّة بتوحيد قوى الطبيعة أو ببنية المادّة في ما وراء الكوارك فيجب أن لا نجنّدَ لها عددا كبيرا من معدّي الأطروحات خوفا من أن يكونوا من البطّالين في ما بعد الأطروحة. وآمل أن تقع البحوث المتّصلة بهذه القضايا النظريّة في بعض المراكز الممتازة كمعهد الدراسات العلميّة الراقية بـ"بُورسُرايفات"Bures-sur-Yvette أو بالدراسات المتقدّمة في "برنستون" Princeton أو في الكيانات المماثلة لها التي ظهرت في المكسيك الجديد أو في سنتا بربرا Sant Barbara بكاليفورنيا. وستختار هذه المراكز صفوة الفيزيائيين المنظّرين والرّياضيين والفيزيائيين الفلكيين ليشتركوا في العمل فيها.

وأمّا في ما يتعلّق بمراكز التّجريب في فيزياء الطاقات العالية كالمركز الأوروبي للبحوث النوويّة بجنيف أو المسرّعات في بتّا فيا Batavia وستنفورد Stanford أو مراصد الغد العملاقة وكلّها تقتضي تمويلات بمليارات اليورو فأظنّ أنّها ستكون مهمّة كونيّة تنهض على أساس التّعاون على المستوى العالميّ. وعلى كلّ الأمم أن تتّحد لغزو المجهول.

فيزياء "الميزون"

من أدعى تطوّرات فيزياء الغد إلى الاهتمام حسب رأيي تلك التي تجمع طائفة كاملة من البحوث التي ما تزال اليوم متفرّقة، ولكنّها تجتمع في نقطة مشتركة وهي التغيّرات في السلّم.

◆ من القضايا الكبيرة التي تبسطها علينا الميكانيكا الكميّة وجوبُ أن نفهم لماذا تكون الفيزياء احتماليّة في مستوى الذرّات والجزيئات ولماذا تكون حتميّة في مستوى العالم المحسوس الذي نحتكّ به كلّ يوم. ويُحدّثنا العلم في هذا الصدد عن "التماسك" و "انعدام التماسك" أو انحلاله. وما نفهمه من ذلك يبقى غامضا، ضبابيّا، ولا توجد حاليّا نظريّة لها ترجمتها الرّياضيّة تتكفّل لنا بشرح ذلك.

◆ والمقاربة المعروفة بمقاربة فريق إعادة التطبيع والقوانين المتّصلة بالسُّلّم يسّرت تقدّما كبيرا في فهم الظواهر الحدوديّة التخوميّة والتّغيّرات في الأطوار والأحوال. فلماذا تبدو لنا بعض الظواهر متواصلة الأجزاء، متماسكة وفجأة تصبح متقطّعة كالماء الذي يشرع بغتة في الغليان حين يبلغ 100°C. ولماذا تعتريه هذه الارتجافاتُ المتواصلة وقد كان في 95°C هادئا ساكنا (ظاهريّا) ؟

♦ ومقاربة الأنظمة المعقّدة التي تتجلّى في ما يُسمّى بالمادّة الرّخويّة تقوم في جزء كبير منها على المقاربات المطبّقة على العالم المرئيّ. أمّا اليوم فقد بدأت المقاربات على مستوى النّـنُمتر توفّر لنا شروحا مجهريّة للظّواهر المرصودة.

وأنا معجب بالأداء العلمي والتكنولوجي العالي في هذا الميدان من فيزياء الميزُون. وأميل إلى الاعتقاد في أنّ كلّ هذا النّشاط سيفضي إلى قفزات نظريّة كبيرة ستجد فيها هذه المقارباتُ المتنوّعة مناط وحدتها. علاوة على ما سينجم عنها من انجازات تكنولوجيّة هامّة. ذلك هو ما يدفعني إليه الحدس..

وإن دفعني إلى ذلك فلأنّنا سنفهم في المقام الأوّل الأسس نفسها التي تنهض عليها الميكانيكا الكميّة دون أن نضطرّ بالضرورة إلى وضعها موضع الشكّ ولأنّنا سنشرح بوضوح لفظي " التماسك " و " انعدام التماسك " اللّذين تختفي فيهما طريقةُ العبور من الفيزياء الصّغريّة إلى الفيزياء المحسوسة يوميّا. وكيف يمكن للجمع بين أنظمة تخضع لمفاهيم غامضة كمفهوم الموجة –الجزئْ أو مفهوم التقلّب لـ"هايَزنبرغ" Heisenberg أن تُفضي في مستوى ملاحظاتنا العاديّة اليوميّة إلى عالم يخضع لقوانين حتميّة، مضبوطة ؟ وكيف يمكن لهذا الجمع أن يُفضي كذلك إلى ولادة واقع تكون فيه الموجةُ موجة والجزيء جزيئا ؟ ولنا في ذلك تحدّ فلسفيّ كبير يتجاوز الفيزياء نفسها. وسنتمكّن غدا بالاستناد إلى تحاليل مجهريّة في مستوى النَنُمتر من شرح كيفيّة العبور من ميكانيكا الجزيئات الكميّة إلى فيزياء الموادّ المكثّفة أو الموادّ المائعة كالأصماغ وزيوت التّشحيم، ونتيجة لذلك ستكون الأفاق في المستوى التطبيقي واعدة إلى حدّ كبير جدّا.

العلوم النّانويّة

يساوي النّانومتر 10^{-9} متر، وهو أصغر من الملّيمتر مليون مرّة. والعلوم النّانُومتريّة هي التي تجري تجاربُها على مستوى النّانُومتر.

ومن الطبيعيّ أن تهتمّ الفيزياء الكميّةُ المطبّقة على الذرّة بهذا البُعد وإن كان ذلك بكيفيّة نظريّة، والنتائج التجريبيّة التي وقع تأويلها بالاستناد إلى الميكانيكا الكميّة كانت نتائج إحصائيّة حصلت بالعمل على مليارات الذرّات أو الجزيئات. وأمّا التكنولوجيا النّانويّة فتعمل حقّا على مستوى ذرّة واحدة أو بعض الذرّات ويمكن اليوم تصوير ذرّة بفضل المجهر ذي المفعول النّفقي. ويمكن استلالُها من سطح مادّة ما أو نقلُها ووضعُها في مكان آخر. ويمكن باعتماد تقنيات أخرى أن نقتلع الالكترونَ من الذرّة وأن نقوده ونوجّهه ليمرّ من باب معيّن، بل إنّه ليتمّ اليوم صنعُ محرّكات جزيئيّة وهي تشتغل فعلا ويمكن تنشيط حركتها وتوجيهها على أن لا يتجاوز ذلك بعض الجزيئات.

وهذه التطوّرات هي من ناحية أولى نتيجة للميكانيكا الكميّة التي تبقى العمادَ الدّائم والنّاجع لكلّ ضروب الفكر النّظريّ في هذا المستوى. وهي من ناحية ثانية نتيجة لتقدّم التكنولوجيا وخاصّة في مجال رصد العالم المجهريّ والتدخّل فيه. ففي سنة 1960 كان الترانزيستور يحتلّ مربّعا طول ضلعه 10.000 ناغومتر وفي سنة 2006 أصبح طولُ الضلع 90 ننمتر. والنتيجة أنه يمكن وضع 80 ألف ترانزيستور في مساحة تساوي مساحة الظفر. وقد ظهر بعدُ الترانزيستور المساوي لـ45 ننمتر. والهامّ في ذلك أنّه كلّما كانت الترانزيستورات أصغر كان تنقل المعلومة أسرعَ وكان استهلاك الطّاقة أقلّ. وقد تيسّرت هذه النمنمة بفضل نفس التكنولوجيا، تكنولوجيا الأقنعة ولكنّها استُعملت مع أطوال مَوْجيّة أقصر فأقصر. فإلى أيّ مدى يمكن أن نصل؟ لا شكّ في أنّنا سنكون مُقيّدين بأبعاد الذرّات والجزيئات.

وفي نفس هذا النوع من البحوث النَانويّة وباستعمال تقنية الطّبقات الرّهيفة جدّا المتمثّلة في وضع طبقات نَانويّة على مساحة معيّنة اكتشف " ألبار فارت " A.Fert المقاومة المغناطيسيّة العملاقة وأعطى إشارة الانطلاق لعلم جديد هو : السّبنْتْرُونيك Spintronique ومن المفيد أن أشير هنا إلى أنّ فكرة " فارت " كانت موجودة بعدُ في أطروحته. ولكنّه لم يتمكّن من تجسيمها إلاّ بعد أربعين سنة حين سمحت له التّكنولوجيا بذلك.

وأمّا المسلك الثاني المؤدّي إلى العالم النّانُومتريّ فهو البصريات التي نسمّيها بالفيزياء الذريّة. وفي هذا الشأن تسنّى التصرّف في الذرّات واحدة فواحدة بفضل ضروب من اللّيزر ما انفكّت قدرتُها تزداد وخفقها يصبح أسرع فأسرع. وعرف أهل الاختصاص كيف يوقفون الذرّة وكيف يبرّدونها وينقلونها. وما قد يصعب تصديقه هو أنّه يمكن تناول ذرّة واحدة ودراسة اهتزازاتها... وكلّ هذه التقنيات البصريّة الكميّة التي لفرنسا فيها فِرَق ممتازة يديرها "كوهين تامودجي " C.C.Tammondji و " سارج هروش " Haroche في دار المعلّمين العليا (ولم أذكر إلاّ الأعلام) ستغيّر تغييرا ثوريّا المواصلات وربّما الحاسوبَ أيضا. ووسيلتها في الاتّصالات هي البصريّات الالكترونيّة واستعمال الألياف البصريّة. وفي الحاسوب هي تيسير صنع الحاسوب الكمّي. ويسعى الباحثون إلى استعمال أسس الميكانيكا الكميّة نفسها مع مضاعفة الحالات الكميّة لدى نفس الجزيئ -الموجة (الالكترونات أو الفوتونات) لدفع شيئين كمّيين إلى الاندماج في بعضهما حتّى يتسنّى التوصّل من خلال تفاعلهما إلى اليقين، إلى جواب. وإن نجح هذا المسعى نكون قد تحصّلنا على المستوى النظري على حاسوب مُرَمّز تماما ولا يمكن أبدا اكتشاف شفرته. ويُنجز العمليات الحسابيّةَ بسرعة أكبر من سرعة الحاسوب

ذي الترانزيستورات، وقابل للنّمنمة ولن يشكو من قانون "جول" Joule أي لن تكون له مشكلة تصريف الحرارة، ذلك هو الحلم يتحقّق. والمؤسف أنّنا رغم عدّة تجارب واعدة ما زلنا لا نعرف كيف نصنع هذه الحواسيب وقد لا نوفّق إلى ذلك أبدا.

ورغم ذلك لا أشكّ في أنّ حقل البصريات الكميّة هو الذي سيشهد أهمّ الاكتشافات. ولا يبدو أنّ تجاربَ تبريد الذرّات والقدرة على تناول فُتون أو الكترون والتصرّف فيه هي آخر ما توصّل إليه خيال الباحثين. والمؤكّد أنّ تطبيقات فيزياء الميزون لن تقتصر على الحاسوب بل ستتجاوزه إلى مجال أوسع. وأنّنا سنقدر على صناعة محرّكات جزيئيّة صغيرة جدّا يمكنها التنقّل داخل الجسم البشري لاكتشاف الأمراض في الأمعاء ومداواتها.

وقريبا جدّا ستحُلّ الجراحةُ الدقيقة الجزيئيّة، ولن تكون البصريات غائبة عن هذا الحقل. ستكون حاضرة كما هي الحال اليوم في استكشاف المخ باستعمال كشّافات خاصّة تتأثّر بالموجات حسب أطوالها عندما ننيرها. وقد بدأ جرّاحو المخ في اعتماد هذه التقنيات لاكتشاف الأورام.

وأمّا المسلك الثالث فهو مسلك الكيمياء، فقد أصبحنا قادرين على معالجة كمّيات من المادّة أصغر فأصغر وعلى كشف بنيتها وصُنع تركيبات تتكوّن من بعض الذرّات مثلا. ولا شكّ في أنّ اكتشاف المجهر القائم على المفعول النّفقي هو الذي أعطى لهذه التطوّرات دفعا قويّا حاسما. ويمكن أن نصنع اليوم مركّبات كيميائيّة بتناول الذرّة تلو الذرّة أو الجزيء تلو الجزيء، وذلك يسمَح بدراسة ظاهرة مثيرة وهي كيفيّة بناء المادّة لنفسها وكيفيّة جَمْع تشكيلات جزيئيّة أو جزيئات بسيطة لتكوين جزيئات فائقة حدّدنا لها بعدُ بنيتَها. ويمكن لذلك أن يساعدنا

على المستوى النظري على دراسة نشأة الحياة وعلى صناعة أشياء نَانويّة في المستوى التطبيقي. وكلّ هذه القضايا هي التي يدرسها الآن "جون ماري لهن J.M.Lahn" وقد فاز بجائزة نوبل للكيمياء وهو من أعلام كيمياء الجزيئات العملاقة ولا حدّ لتفاؤله في هذا الصدد. وإلى جانب البحوث على المواد الجديدة والتّقنيات الجديدة لتحسين الحاسوب الكلاسيكي بشفرته الثنائيّة وذاكرته الحيّة وبرمجيّته يعمل المختصّون على صناعة نوع من الحواسيب يمكن وصفه بالحاسوب الكيميائي منطلقين في ذلك من تطوير التكنولوجيا النّنُمتريّة، وتكمن الفكرة في استيحاء بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين الذي يخزّن في لولبيه كمّيات هائلة من المعلومات بدليل أنّها هي التي سيُصنع منها الكائنُ الحيّ. فلماذا لا نقلّد هذه البنيةَ لبناء الحواسيب ؟ ولماذا لا نكفّ عن استعمال تنقّل الكهرباء فهو بطيء ويُصْدر الحرارة ؟ ألا يكون الحلّ في تغيير شكل الجزيء ؟ وهي فكرة منطقيّة إلاّ أنّها عسيرة التّحقيق. ولا شكّ في أنّ هذا الحاسوب الكيميائيّ (أو الكيميائي الحيوي) سيكون أحد التحديات في القرن الواحد والعشرين إلاّ أنّنا لا نملك أيّ معطى واضح يسمح باستشفاف التطوّرات في هذا الشأن رغم بعض الانجازات الهامّة التي تحقّقت بعدُ.

ومن الطبيعيّ أن لا تكون التطوّرات التكنولوجيّة المتلاحقة مقسّمة إلى أصنافٍ. وهي على عكس ذلك تستعمل كلّ المقاربات وتزاوج بينها. وها نحن نرى منذ الآن وصول منتجات عجيبة، ولن نذكر إلاّ القليل منها.

ونشير في هذا الصدد إلى الالكترونيك الجزيئيّة التي تعمل على تعويض السّلِسُيوم بالجزيئات، وبفضلها صنع المختصّون بعدُ ترنزيستورات جزيئيّة باعتماد أنابيب مجهريّة من الكربون وصنعوا أيضا عدّة ذاكرات باستعمال

جزيء معقّد(الرتُكْسان) وتمثّل البصرياتُ الالكترونية الجزيئيّة اتّجاها جديدا مثيرا للاهتمام. وهي تقوم على مبدإ التفاعل بين الضوء وتغيير مستويات الطاقة عند الالكترونات وفقا لما تصوّره بعدُ "بوهر". وتتيسّر اليوم بفضل الصمّامات الثنائيّة المجهريّة صناعةُ شاشات البلازما الحالية. وتسمح هذه الصمّامات كذلك باكتشاف هذه الموادّ الكيميائيّة أو تلك وقيس نسبة حضورها لأنّ هذا الحضور يغيّر الإضاءةَ. ونصنع كذلك خلايا شمسيّة عضويّة ومردُودُها لا يزال ضعيفا إلاّ أنّه يمكنها في المستقبل أن تعوّض السّلسيوم.

وفي قطاعات أخرى مختلفة عن هذه تسنّى للمختصّين بعدُ أن يصنعوا أصماغا وأنواعا من الدّهن ذات أداء أعلى بكثير من مثيلاتها التقليديّة. وكلّ فيزياء المادّة الرّخويّة تجد ترجمتها النّانومتريّة، ولكنّ أهمّ التطوّرات هي تلك المتمثّلة في تفاعل هذه التقنيات مع البيولوجيا.

وسنعرض لاحقا للإلكترونيك في مجال الأعصاب، والطبّ يستعمل بعدُ تقنية تسمح باكتشاف شرايين الدمّ وما قد تنطوي عليه الأورام. ومن النتائج المذهلة حقّا أنّ علماء أمريكيين[66] صنعوا جسما ثُماني الأوجه بثنيْ بعض القطع من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ثمّ أدخلوه في البكتيريا إشريكيا القولون فشرعت هذه الذبابة في صنع ثمانيات وجوهٍ صغرية.

تعبئة المقاومين للتقدّم

ومن الطبيعي أن تكون هذه التكنولوجياتُ النّانومتريّة مصدرَ غمّ عند بعضهم. فتكوّنت مجموعاتُ مقاومة للنّانومتريّة ولها أسماؤها، فلنا في "قرونوبل"

66 - Gérald Joyce- Nature .2004.

"قطع الغيار واليد العاملة" وفي منطقة باريس "أوبلوموف" (Oblomoff) وفي تولوز " أزرق كبرتقالة".

وفي مارس سنة 2007 قُدّمت شكاوى للجنة الأخلاقيّة الوطنيّة الاستشاريّة وكان موقفها ضبابيّا لا ينتصر لهذا أو ذاك. (ولكن هل تمتلك الكفاءة اللازمة). ولردود الفعل هذه سببان رئيسيان الأوّل هو إمكانيّة أن يستنشق المرء جزيئات نُنمتريّة غير مرئيّة، والثاني وهو الأخطر هو الخوف من إمكانيّة تغيير الكائن الحيّ ذرّة ذرّة والتدخّل في مخه. وأنشؤوا لذلك لفظا جديدا ليس محايدا وهو OAM أي الكائنات المعدّلة ذريّا.

صحيح أنّ هذه التكنولوجيا تدعو إلى التساؤل ولست من غُلاة المناصرين للعلم الذين يقولون : "كلّ ما ينتجه العلم حسن. ولنواصلْ وكأنّ شيئا لم يكن" وأظنّ أنّه من واجب المجتمع أن يكون يقظا في ما يخصّ هذا القطاع وقطاعَ تكنولوجيا الأحياء على أن يميّز بين طورين، كما كانت الحال مع الكائنات المعدّلة جينيّا، طور البحث وطور التّسويق. ولا بدّ من إدراج حاجز قانوني بينهما.

والجهل أيضا لا بدّ من محاربته. وهل يعرف المشتكون من أنابيب الكربون النَانويّة ومخاطرها أنّ أكبر المحتشدات لهذه الجسيمات النّانويّة توجد في المدافئ وأنّ نار الحطب الجميلة هي أداة بثّ جيّدة لها.

تحديات الكيمياء

وأمّا عن الكيمياء في حدّ ذاتها فالآفاق المفتوحة أمامها واعدة جدّا. وخلافا للفيزياء التي يمكن أن نتصوّر نهايتها يوم تكون قد اكتشفتْ كلّ القوانين ونظّرت لها فإنّ الكيمياء لا حدّ لها. ولن تنقطع عن اختراع جزيئات جديدة وموادّ جديدة

لها خصائص جديدة. ولا شكّ في أنّها ستكون في قلب التكنولوجيا النّانويّة وصناعة الأدوية وصناعة موادّ التجميل أيضا. ويَتّسم خيال الكيميائيين بخصوبته وبكونه لا محدودا ولذلك يصعب أن نتصوّر بدقّة طبيعةَ المركّبات في هذا الحقل في المستقبل، وكلّ ما يمكن فعله هو تحديدُ التحدّيات التي سيواجهها هذا المجال.

إنّ التحدّي الأوّل هو المرور من البتروكيمياء إلى الكيمياء الفلاحيّة. سيتناقص البترول ولكنّ هل ستزول كلّ المنتجات الرّائعة المركّبة، انطلاقا من البترول كاالبلاستيك والأدوية وموادّ الزينة ؟ ويبدو مبدئيّا أنّ الموادّ التي لها تركيبة كيميائيّة تكفل لها تعويضَ البترول هي التي يجب أن تصبح الموادّ الأوّليّة البديلة، ولكنّ هذا الانتقال يقتضي القيامَ بالأبحاث اللازمة الميسّرة لوقوعه.

وأمّا التحدّي الثاني فيخصّ المعادن، وفي هذا الميدان أيضا سيتغيّر الوضع لقلّة المناجم الغنيّة، ويسوق إلى استغلال مناجم ذات مردود ضعيف. ولا بدّ أثناء ذلك من تطوير تقنيات كيميائيّة لرسكلة كلّ المعادن التي وقع استعمالها بعدُ. وقد بدأت العمليّة منذ الآن، وستشهد هذه الصناعة في القرن الواحد والعشرين تطوّرا كبيرا.

والكيمياء سيكون لها دور محوري في قضايا الطاقة أيضا، والمتوقّعُ أن تبرز ثلاثة اتّجاهات هامّة وأوّلها البطاريات؛ لأنّها هي الّتي ستكون المفتاحَ في تطوّر السيّارات الكهربائيّة والبطّارياتُ ذات الأداء العالي المصنوعة من اللّيتيوم أو من النيكال باهظة الثمن واستعمالها خطير أحيانا. وشحنها يستغرق زمنا طويلا. وفي ذلك تحدّيات لا بدّ من التصدّي لها، ويتمثّل الاتّجاه الثاني في التفاعلات الكيميائيّة الضوئيّة القادرة على إنجاز التركيب الضّوئيّ الكلوروفيلي في المخبر وتخزين الطاقة الشمسيّة. وتوجَد بعدُ الخلايا الفتوفُلطيّة. ولكنّنا نريدها أن تكونَ أكثر فاعليّة في

هذه العمليّة التّحويليّة وأقلّ كلفة وأجمل منظرا. وفي ذلك تحديات جديدة. ويخصّ الاتّجاه الأخير كلّ ما يتّصل بالهيدروجين باعتباره مصدرا للطّاقة وهو موجود بوفرة فوق الأرض ولكنّه مرتبط بذرّات أخرى في الجزيئات فكيف يمكن استخلاصه؟ وكيف يمكن تخزينه بدون خطر ؟ وكيف يمكن نقله بسهولة ؟ وللكيميائيين في ذلك تحدّيات فوريّة بيّنة.

الفصل السّادس

حياة يجب اكتشافها و حيوات يجب تغييرها

تخلّى أهل العلم منذ زمن طويل عن فكرة الحقيقة النهائيّة التي لا تتبدّل

" لعبة الإمكانات"

فرانسوا جاكوب

ها هي البيولوجيا الجزيئيّة تتباهى بانتصارها بعد أن نجح "كريك" و "وطسن" في اكتشاف بنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين. وبينّا أنّ هذه الجزيئات الكبيرة هي عمادُ الوراثة وبعد أن اكتشف "مونود" و "جاكوب" دورَ الحامض الرّبو نووي منقوص الأكسيجين وفهمنا أخيرا كيف تعمل الخليةُ البكتيريّة بفضل " كريك" الذي اكتشف سرّ الكتابة الوراثيّة المشفّرة. بعدَ كلّ ذلك ظنّ الجميع أنّنا اكتشفنا أخيرا أسرار الحياة. وكيفيّة اشتغال الخليّة يعني بالنسبة إلى الكائن الحيّ ما تعنيه بنية الذرّة بالنسبة إلى المادّة. وكانت وضعيّةُ البيولوجيا بعد هذه الأحداث شبيهة بوضعية الفيزياء بعد نشر "نيلز بوهر" لمقالاته سنة 1913.

ولم يبق الآن إلاّ تجميع الخلايا للحصول على الأنسجة ثمّ تجميعُ الأنسجة لصُنع الأعضاء وتجميعُ الأعضاء أخيرا حتّى يولَد الكائن الحيّ. لقد تمّ فهم كلّ شيء أو بالأحرى سنفهم كلّ شيء، سنفهم كيف يمكن للكائن الحيّ أن يصنع نفسه بنفسه، انطلاقا من حامضه النوويّ. وبعد بعض السنوات خطت البيولوجيا خطوة حاسمة أخرى هي الهندسة الوراثية، وخلافا لكلّ التوقّعات أمكن التصرّف في الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وتقطيعه و إدخالُ قطعة من كائن آخر فيه. لقد أصبحنا قادرين على تغيير الكائن الحيّ، وها هي الهندسةُ البيولوجيّة تُولدُ. والأمل في فهم كلّ شيء يكبر. وحين نكون قد فككنا رموز المجين عند الإنسان نصبح قادرين على إشفائه من الأمراض الوراثيّة ومعرفة الأسباب، وعلينا إذ ذاك الاستنادُ إلى الهندسة الوراثية لصنع خلايا سليمة لنعوّض بها الخلايا المريضة.

وبعد "كريك" و "وطسن" بنصف قرن وحتّى وإن كانت الأعمالُ البيولوجية الجزيئيّة المُنجزة منذ ذلك العهد تعتبر من أروع ما حقّقه العلم من رقيّ ورغم إعجابي الشّديد بها فلا بدّ من الاعتراف بأنّ فهمنا للحياة ما زال غامضا كما كان وخاصّة بالنسبة إلى الكائنات الراقية.

صحيح أنّنا حقّقنا رقيّا كبيرا، ومن أبرز مظاهره الكائناتُ المعدّلة جينيّا واكتشافُ الأمراض الوراثيّة قبل الولادة وصناعةُ الأنسلين بواسطة بكتيريات معدّلة جينيّا الخ... إلاّ أنّه لا بدّ من الإقرار بأنّ هذا التقدّم ليس في مستوى ما غذينا من الآمال.

لقد فتحنا حظائر كثيرة واكتشفنا اتّجاهات عديدة ووضعنا وطوّرنا عددا كبيرا من التقنيات ومن طرائق التفكير الجديدة.

ولكنّنا نعرف يقينا أنّ هذا الطلب سيكون عسيرا أكثر ممّا كنّا نظنّ. إنّ أسرار الحياة دقيقة عنيدة، ولن تَدَعَنا نكتشفُها بسهولة كما نظنّ.

ومن باب التّناقض أنّ هذا الفشل الجزئي هو الذي يدفعنا إلى الاعتقاد بأنّ القرن الواحد والعشرين سيكون قرن البيولوجيا، وأنا مقتنع بأنّ كلّ الآمال التي دغدغتنا في أواخر القرن العشرين ستتحقّق في القرن الواحد والعشرين.

لقد تصوّر البيولوجيون برنامجا جميلا، إلاّ أنّهم أخطؤوا في تقدير الرزنامة الملائمة.

الحلّ "الحقيقي" لشفرة الوراثة :

إنّ البرنامج المسمّى "برنامج فكّ رموز المجين" مهما كان قيّما ليس ما كنّا نتوقّعه. ذلك هو ما قاله "بيار شانبون" P.Chambon وهو من كبار المختصّين في علم الوراثة، والتسمية نفسها هي ضرب من المغالطة لأنّ المسألة ليست فكّا لرموز الجينات كما فكّ "شمبوليون" Champollion (بعد يونغ) رموز الهيروغليفيا، وإنّما هي وضعُ قائمة وخريطة لجُملة المجين انطلاقا من الحروف الأساسيّة الأربعة ATCG [67].

وأمّا فكّ الرّموز فشيء آخر، وهو يعني أن نفهمَ كيف سُجّلت فيزيولوجيَا الكائن الحيّ وبنيتُه في جيناته حسب شفرة علينا أن نكتشفها وكيف يمكن انطلاقا من هذه الرّسالة المخزَنة أن نصنع كائنا حيّا له بنيته الخاصّة وهيئتُه الفيزيولوجية، من ذلك أنّنا نعرف كلّ شيء عن الدّودة المدوّرة "إلغانس" نعرف رصيدها

67 - هذه الحروف رموز للنّكليُوتيدات الأربعة المكوّنة للحامض الرّيبي النوويّ A = أدِنين/ T = تِيمين/ C = سيمتُزين/ G = غوانين.

الجيني ونمط عيشها وتصرفها، ولكننا لا نعرف كيف نصنعها انطلاقا من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين. وقد قال "مونود" : "ما يصحّ على البكتيريا يصحّ على الفيل".

وقد اتّضح أن ذلك ليس صحيحا إذ عرفنا اليوم أنّ لبّ البحث في المجال البيولوجي لا يكمن في الخليّة المفردة المعزولة ومعرفة آلياتها في التوالد وإنتاج الطاقة. بل يكمن في الخلايا مجتمعة وفي معرفة كيفيّة تمايزها لصنع مختلف الوظائف (العضليّة، العظميّة، القلبيّة، أو العصبيّة...) وكيفيّة اجتماعها لإنشاء هذا النسيج أو ذاك، وكيف يتمّ بعدئذ صنعُ الأعضاء وكيف تتوالد لتعويض الخلايا القديمة، لأنّ ذلك يمثّل ظاهرة أساسيّة سنعود إليها لاحقا، بل إنّ هذا التعويض هو مفتاح الحياة الأساسيّة، لأنّ الحياة ليست متمادية إلاّ لأنّ بعض الوحدات (خلايا أو أفراد) التي تموت بفعل الشيخوخة يقع تعويضها بوحدات جديدة قادرة على مواجهة الواقع. إنّ موت البعض هو مصدر الحياة للبعض الأخر. وحين تصبح الخلايا الهرئة ملوّثة ونعوّضها بخلايا مستَعمَلَة هي الأخرى وتتكرّر هذه العمليّة فتلك هي الألية المكوّنة للسرطان. ولذلك لا بدّ من أن توجَدَ في كلّ نوع من الخلايا، خلايا مختصّة في صنع الخلايا الجديدة، وهي تعتمد دائما على نفس الطّريقة : انقسام الخليّة إلى خليّتين: واحدة منهما تعوّض القديمة فتنضمّ إلى زميلتها في ذلك النوع، على أنّ ذلك ليس إلاّ جزءا من المشكلة، والقضيّة هي قضيّة الكيان في كلّيته، فأين يندسّ الرّسمُ الخفيّ الذي سيحدّد الحيوان ويضبط جهازه العصبيّ، ونظامه الدمويّ، وعضلاته وأعضاءه الخ... ومواقع كلّ واحد منها وما بينها من علاقات تكامليّة، إنّه مندسّ بالطبع في الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين. ولكن كيف يمكن لهذا المخطّط الجمليّ أن يتحوّل إلى أداة توجّه تطوُّرَ مختلف الخلايا

وتجمعُ بينها وتُعلِّمُها كيف تعيش مجتمعة متعاضدة مع العضو المجاور لها ثمّ مع كلّ الكيان. وكيف خُزنت كلّ هذه المراحل في مختلف أجزاء الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ؟ وفي أيّ لغة ؟ وما هي الآليات "السّحريّة" التي تحوّل الرّسالة إلى واقع ؟ تلك هي الأسئلة الحقيقيّة.

كيف المرور من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين إلى الحيوان ؟ وفي هذا الشأن لا بدّ من دراسة ما يسمّيه "جرالد إيدلمان" Edelman بالبيولوجيا الموقعيّة لمعرفة كيفيّة تخصُّص الخلايا أثناء التطوّر الجنيني لكائن حيّ. ونعرف اليوم أنّ الآليّة معقّدة أكثر بكثير ممّا كنّا نتصوّره. فالجينة الواحدة تتحكّم في صفات عديدة، وتتدخّل جينات كثيرة لتحديد طبع واحد. وثمّة جينات تصنَع وأخرى تراقب وثالثة تمنع. ويبدو أنّ الوسط الذي يقع فيه تداولُ الخصائص الوراثيّة أو تكوُن الخلايا يضطلع بدور ما. إذ توجد آليات تيسّر هذا التطوّر أو ذاك كما توجد آليات تخفف هذا الإنتاج أو ذاك أو تمنعه، وبعض الأجزاء من قِطَع الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين التي يبدو أنْ لا دور لها في الوراثة والتي نسمّيها "الأنتُرون" هل هي فعلا لا فائدة لها ؟

تلك هي الأسئلة المبسوطة، وما نملكه من العناصر للإجابة محدود ناقص، ولكنّي مقتنع بأنّ القرن الواحد والعشرين سيقدّم الجوابَ لأغلبيّة هذه الأسئلة وأنّه سيمكّننا من أن نتقدّم إلى حدّ كبير في فهم هذه الآليّة الممعنة في التّعقيد التي نسمّيها الحياة.

الحياة و التّطور

ولكن ماذا سنعرف عن الحياة نفسها ؟ هل سيكون البيولوجيّون قادرين على صنع الحياة في المخبر ؟ ومواصلة تجارب "ستانلي مولر" ؟ ذلك مستبعد جدّا !.

ولنتصوّرْ أنّ المعجزة حصلت رغم كلّ هذه الصّعوبات، ها نحن قد صنعنا كائنا حيّا. ومن المحتمل أن يشبه فيروسا مع كلّ ما ينطوي عليه ذلك من خطر ضمنيّ. ولنتصوّرْ أنّه بكتيريا، وذلك انتصار أكبر بكثير من السّابق، فماذا سنصنع به ؟ هل سنسعى إلى إحداث تطوّر بيولوجي مخبريّ مُسرَّع ؟ ويمكن أن نتصوّر كم سيكون هذا الحدث مُدوّيا. ها هو الإنسان الإله يُولد. وها نحن نهتزّ لذلك. ومن حسن الحظّ أنّ هذا لن يحدث غدا.

وفي شأن مبدإ التّطور وهو ظاهرة بيولوجيّة مركزيّة ماذا يمكن للقرن الواحد والعشرين أن يقدّم لنا من معارف جديدة ؟ وماذا سنكتشف من آلياته الدّقيقة؟ وفي الوقت الذي نحتفل فيه بالذكرى المائتين لميلاد "دروين" يجوز لنا أن نتساءل إن كنّا سنسعى حقّا إلى فهم نظريّة التّطور فهما حقيقيّا ؟

و"لمارك" هو صاحبُ فكرة التطوّر البيولوجي وداروين هو الذي طوّرها، وهي تستند إلى جملة من الملاحظات والأرصاد المؤدّية لها. وقد ثبتت صحّتُها باشتراك الكائنات الحيّة في بنية جينيّة جزيئيّة واحدة. وجزيء الحامض الرّيبي النّووي منقوص الأكسجين معقّد جدّا إلى حدّ أنّه من المستحيل أن نتصوّر أنّ كائنات حيّة غريبة عن بعضها من حيث أُصولها أمكنها وهي مستقلّة عن بعضها أن تبني هذا الجزيء على نفس الشاكلة. وإن كانت تُوجدُ حياة في الكون وهو ما لست مقتنعا به فلا شكّ عندي في أنّ الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين فيها أو ما يُعاد له سيكون مختلفا تماما عن الحامض البشري وستكون الكائنات الحيّة مختلفة عنّا.

وما زلنا لم نفهم بوضوح الآليات المتحكّمة في التحوّلات الكبيرة عند الكائنات. ونحن نعرف منذ تجارب "مورغن" و "مولر" كيف نُحدثُ التحوّلات في المخبر. ولكنّ هذه التحوّلات لا تعطينا أصنافا جديدة بل أنواعا جديدة. والرّأي أنّ تغيير

الأنواع هو رهنُ التحوّلات الكبيرة جدّا، التي لم نفلح في إحداثها مخبريّا. وأملنا أن نتمكّن في القرن والواحد والعشرين من مشاهدة حدوث مثل هذه التحوّلات على أنواع سريعة التّوالد يؤدّي إلى إنجاب سلالات من أنواع جديدة. فهل سنكون قادرين على توجيهها ؟ ومن الصّعب ونحن نترقّب هذا الاكتشاف أن نتجنّب تطوّر النظريات الطّفيليّة كتلك التي تقول بتدخّل الله في توجيه التطوّر أو تلك التي ترى أنّه يتحرّك وفقا لخطّة ذكيّة مسبقة.

البيولوجيا الادماجيّة

يُعنى هذا العلمُ بالأجسام الحيّة ويبحث في كيفيّة عملها وتطوّرها. ويمتدّ من علم الأجنّة إلى الفيزيولوجيا. والمتوقّع أن يتطوّر كثيرا بفضل الرّبط ين البيولوجيا الجزيئيّة والفيزياء الحيويّة التي مازالت إلى اليوم لم تتطوّر إلاّ في حدود. ولكنّنا نشعر بأنّها تستعدّ للنّهوض بكلّ جدّ. وهو ما يتجلّى في ميكانيكا السّوائل وما أحرزته من تقدّم بفضل علم السوائل النّانويّة وفي فيزياء المادّة الرّخويّة والمساحات وأخيرا في تطوّر تقنيات الرّصد بدءا من التصوير إلى أن نبلغ التكنولوجيا النَانُويّة.
وسنعرض لاحقا لعلوم الأعصاب لأنّه من الطبيعيّ أن يكون لها هي الأخرى محلّها في هذا التطوّر.

وفي هذا الميدان ستواصل البيولوجيا اعتماد منهج جوهريّ أيّدَهُ إلى حدّ كبير وبرّرهُ اكتشافُ الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين. وهو التّماثل الحيواني، ويعني اختيارَ الحيوان الذي تتوفّر فيه هذه الصفة الخاصّة أو ذاك القادرُ على إنارتنا في دراسة قضيّة ما. والكائناتُ الحيّة التي اخترناها في الماضي هي ذباب الخلّ والحبّار وغيرها، فأيّ الحيوانات سنختار في القرن الواحد والعشرين ؟ وسيكون علم الحيوانات ضروريّا للبيولوجيا أكثر من أيّ وقت مضى.

ومن المتوقّع أن يتركّز التقدُّمُ في البيولوجيا الإدماجيّة على القضايا المتّصلة بالإنسان وبمعالجة الأمراض. وأنا مقتنع بأنّ القرن القادم سنتمكّن فيه من شفاء النّاس من أغلب أنواع السّرطان وأنّنا سنكتشف التلقيح ضدّ مرض متلازمة العوز المناعي المكتسب (السيدا/الايدز).

وفي مستوى التطبيقات الطبيّة للبحوث على الآليات البيولوجيّة سيُواصل علمُ الوراثة تقدّمهُ وسيحتلّ على الصعيد العمليّ حياتنا اليوميّة.

التّوالد البشري

كان القرن العشرون قرن تحرير المرأة بفضل اختراع الحبوب المانعة للحمل والترخيص في الإجهاض. وأمّا القرن الواحد والعشرون فسيبسط القضايا الأخلاقيّة المتّصلة بنفس المواضيع.

ونتوقّع أن نكون قادرين تقنيًا على أن نحدّد مسبقا خريطة جينيّة للجنين. وذلك في مستقبل قريب وبتكلفة معقولة. ومن الطّباع التي يمكن تحديدُها نذكر الجنس (بمعرفة الصّبغي (X)) وكذلك الأمراض الوراثيّة الخطيرة (نحدّد منذ الآن بعضا منها). ولا شكّ في أنّه سينضاف إلى ذلك بسرعة لونُ العينين والقامةُ ولون الشعر والتأثّرُ بمرض ما من الأمراض التي عرفها الأجدادُ. وألحَ على أنّ هذه الخدمات لن تكون وقفا على عدد محدود من النّاس بل ستكون من الخدمات العادية مثل الفحص بالسكانير أو استكشاف المُنغليّة اليوم (في البلدان المتقدّمة).

ويمكن إجراء هذا الكشف الجيني مبكّرا جدّا على أجنّة عمرها أسبوع أو أسبوعان. وهكذا يمكن للأُسَر التي لم ترتح لما شاءته الصّدفة أن تُوقف الحمل في الإبّان.

وما نقدّمه هنا هو مجرّد امتداد للدّراسات الحاليّة وهو شيء عاديّ، بسيط، إلاّ أنّه مجرّد مرحلة. ويمكن للتكنولوجيا الحالية أن تقوم بما كان يُعتبر منذ زمن قصير من باب الخيال العلميّ. والمرأة تنتج بويضات والرّجل حيوانات منويّة ويمكن تخصيب البويضة في المخبر. وتوضيحا لذلك أشير إلى أنّنا نأخذ حسب الصّدفة عشرةَ بويضات أو عشرين وعشرَ حيوانات منويّة ونحقّق عشرةَ عمليات تخصيب ونترك الأجنّة تنمو في الأنبوب، ويمكن إذ ذاك أن نُجري عليها تحليلا جينيّا. فيتّضح أنّ هذا ستكون له عينان زرقاوان والآخر عينان سوداوان. وأنّ ذاك له الجينة التي تجعله ذا قابليّة لسرطان القولون والثاني لمرض بَركنسون الخ... وعلى الزوجين أن يختارا. فيتمّ فرز الأجنّة وحالما يقع الاختيار نزرع الجنينَ في رحم الأمّ ونترقّب الولادة. وستكون المفاجأة في اكتشاف إن كان ما اخترناه يتطابق مع ما كنّا نريده أم لا. وقبل أن نذهب إلى ما أبعد لنتصوّرْ حصول خطإ وتقديمَ شكوى : " اخترت طفلا أشقر ذا عينين زرقاوين، بينما يُولدُ لي مولود أسمر وعيناه سوداوان ؟ فهل يجب إدانةُ الطبيب والمخبر الذي أجرى التحاليل ؟ ولنُذكّر بأنّ علمهما ليس مبنيّا إلاّ على الاحتمالات انطلاقا من الإحصائيات " .

ويمكن انطلاقا من هذا المثال أن نعمّم ونوسّع. فلماذا مثلا لا "نشتري" حيوانات منويّة أو بويضات من أشخاص تتوفّر فيهم خصال معيّنة (الجمال، الذكاء الخ...) ؟ ونتذكّر قصّة اينشتاين اللّطيفة في أوّل سفر له إلى الولايات المتحدة حين خاطبتْه ممثّلة سينمائيّة مشهورة قائلة : "سيّدي اينشتاين لا بدّ من أن نُنتج معا طفلا، سيكون له ذكاؤك وجمالي" فردّ قائلا : " وماذا لو كان له جمالي أنا وذكاؤك !وفي هذه الحال نتيح للاختيار أن يقع خارج السّلالة الوراثيّة الذّاتيّة" . وبعد اختيار البويضة المخصّبة التي تستجيب لأماني الوالدين لماذا نزرعها في رحم الأمّ ؟ ولماذا لا نؤجّر لهذا العمل أمّاً تضطلع بدور الحاملة للجنين ؟

وبعد الدّجاج البيُّوضِ ها هي الأمّهات البيّوض ! ولنتصوّرْ امرأة ثريّة يمكنها أن تقول : " أنجبتُ طفلا مع جورج كلوني G.Clooney البويضة منّي طبعا. وقد اخترتها بعناية لذلك لا يوجد فيها هذا العيب الذي اشتكى منه جدٌّ أبي طيلة حياته. ووجدتُ فتاة فاتنة في منتهى العافية وقد قَبِلتْ حملَ البويضة. وأنا واثقة من أنّه سيكون رائعا أعني الطفل لأنّي اخترت ذكرا. وسيبتهج لذلك والدُه الشّرعيّ أي زوجي. أنا أترقّب ولادته بفارغ الصّبر" .

وكلّ ذلك يمكن أن تنشأ عنه صناعة تختصّ في البويضات والحيوانات المنويّة، وقد تتّخذ لعملها المانحين وتكافؤهم بسخاء. وقد توظّفهم كالأُجراء وقد تتّخذ أيضا الجامعين "للبضاعة" . ومن الممكن ظهور صناعات تتكفّل بالعمل مع فرقة من المختصّين في علم الوراثة ومن الأطبّاء وعلماء النفس وغيرهم، والجزءُ المتمثّل في فرز البويضات وإخصابها وتحديد مختلف الطّباع يمكن إيكاله بسهولة إلى الحاسوب أو إلى إنسان آلي مختصّ (كأمثاله الذين يقومون اليوم بتقطيع الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين) وهكذا ستنشأ صناعة للإنجاب ولن يكون الأمر متعلّقا بتشييئ جسم الإنسان كما نقول، وإنّما هي عمليّةُ تصنيع حقيقيّة. وكلّ ما وصفْتُه وقدّمتُه ممكنُ التحقيق تقنيّا في ظرف عشرة سنوات. ولكن ما هي السلبيات التي يمكن أن نراها في هذه الممارسات ؟ ما العيب في تشغيل الملايين من الرّجال والنّساء "للقيام بعمل" ليس شاقّا (إلاّ في بعض الحالات الخاصّة) والأجور فيه مرتفعة نسبيّا ؟ وسيسمح إلى ذلك بمقاومة البطالة الجماعيّة والقضاء على مجموعة من الأمراض لا تلك التي تُفسد النّوع وتحطّ منه فقط بل وكذلك الأمراض التي تنشأ عند الأفراد المهيّئين جينيّا لها لا شكّ في أنّ أرصدة التأمين على المرض ستتحسّن.

وما المشكل في أن ننجب أطفالا يتّصفون بالجمال والعافية والذّكاء ونُرضي الأسرة والمجتمع معا ؟ وفي هذه الرؤية عودة إلى سياسة تحسين النّسل ولكنّها ترتفع هذه المرّة إلى مستوى العلم القويّ، وتخضع للمراقبة الصارمة ويمكن ضبطُها والتّخطيط لها بكيفيّة جيّدة بواسطة الحواسيب. ولا شكّ في أنّ هذه المغامرة ستُغري الكثيرين باستغلالها.

وحين نتحدّث عن تحسين النّسل نتذكّر النازيّة وسعيها إلى إنتاج كائنات بشريّة شقراء ذات عيون زرقاء والقضاء على اليهود، ولكنّ ذلك ليس إلاّ جزءا بشعا من التّاريخ. والحقّ أنّ تحسين النّسل تعُود جذوره إلى أعمال "فرنسيس غالتون" F.Galton وهو من أقارب "شارل دروين" ومن روّاد استعمال الإحصائيات في البيولوجيا. وتتمثّل فكرته في اختيار أقدر النّاس وأقلّهم مرضا. والإحصائيات هي التي تسمح بمعرفة الجينات الإيجابيّة والجينات السّلبيّة. وتنضاف إلى ذلك ضرورةُ القضاء على المرضى والعاجزين والمجرمين والكسلاء والمتخلّفين ذهنيًا الخ... وما يجب التّذكير به هو أنّ الأحزاب اليساريّة في أوروبا هي التي سارعت إلى تبنّي هذه المطامح، وخاصّة في اسكندينافيا وهي من الروّاد في هذا المجال وفي ألمانيا وفي فرنسا ببعض الاحتشام وفي الولايات المتحدة.

وفي هذا البلد الأخير انطلق الأستاذ الجامعيّ اللاّمع "دَفِنْبورت" Davenport في برنامج بحث في الإحصائيات بغية اكتشاف العيوب الوراثيّة، ثمّ وضع لمجموعة المهاجرين "ضوارب الكفاءة" التي ستساعد على ضبط نسبة المهاجرين الذين يمكن قَبُولهم. وأحسنُ المرشّحين هم السّويسريون واليابانيون وأشير هنا بسرعة إلى أنّ التقنيات البيولوجيّة الجزيئيّة التي أوردناها سابقا في شأن الجنين يمكن تطبيقُها على الكهول وبالتالي على المهاجرين. وغدا سيتسنّى تقنيًا أن نكتشف لدى

المترشّحين للهجرة ما لهم من خصال وحساسيتهم للأمراض ومدى حبّهم للعمل الخ... ولا شكّ في أنّ هذا الخطر هو الذي جعل العديد من الفلاسفة ورجال الفكر يحتجّون بشدّة عندما أثيرت قضيّة فحص الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين عند المهاجرين.

ولنعدْ إلى مثالنا التّاريخيّ لقد تطوّر في الولايات المتحدة تحسينُ النّسل الإيجابيّ، ووجب أن نشجّع على التوالد أكثرَ النّاس موهبة وأكثرهم جمالا. ومن المثير للدّهشة أنّ المرأتين المؤسّستين للتنظيم العائليّ وهما "ماري ستوبس" M.Stopes في بريطانيا و "مرغريت سانجر" M.Sanger في الولايات المتحدة كانتا من المساندين لهذه الفلسفة. أمّا "هتلر" فذهب إلى أبعد من ذلك، فاعتبر أنّ الجنديّ الجيّد (الأشقر ذو العينين الزرقاوين) في سلاح سرايا الحماية يجب أن ينجب طفلا في كلّ سنة. وإلى جانب تحديد النّسل الإيجابي أينَع تحديدُ النّسل السّلبيّ. ومهمّتهُ منعُ الأجناس السّفلى من التوالد. وأراد "هتلر" أن يكون ذلك بالقضاء عليها. وتوجد بين نوعي تحسين النّسل بعضُ الوجوه من التقارب التي تدعو إلى الرّيبة والاحتجاج.

وسيكون تحسينُ النّسل من المواضيع البارزة في القرن الواحد والعشرين علاوة على كونه مبحثا فلسفيّا، وتقدُّمُ البيولوجيا سيجعل كلّ شيء ممكنا غدا. ونتيجة لذلك يمكن أن يُتاح لتحسين النّسل مستوى أعلى من مستواه اليوم. وفعلا حين يلتقي الرجل والمرأة غدا ستكون لكلّ واحد منهما رقاقة مغناطيسيّة سُجّل عليها حامضُه الرّيبي النووي منقوص الأكسجين ويمكنهما بالإستعانة ببرامج بسيطة نسبيّا قيسُ مدى تلاؤمهما. والموضةُ الكبيرة اليوم هي البحث بواسطة الأنترنات عن القرين أو الشريك المثالي. فما الذي يمنع من أن يضيف المرءُ إلى ترجمته

الذاتيّة شفرة حامضه الريبي النووي منقوص الأكسجين؟ ويمكن أن نفعل أحسن من ذلك، يمكن في مجال التشغيل إجراءُ فحص على الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين بالنسبة إلى كلّ مترشّح ممّا سيسمح بتحديد جملة خصاله وجملة عيوبه الضمنيّة المتوقّعة. وستكون عندئذ عمليةُ التشغيل أفضل وأجدى. وتغنينا عن الاختبارات واللّقاءات المتعدّدة. ولكن ماذا سيكون مصير الحريّة في كلّ ذلك؟ هل نحن مُبْرمَجون كليّا ؟ هل يجب أن نكون عبيد البيولوجيا ؟

وأرجو أن تستمعوا إلى صيحة إنذار منّي : "نحن نتّجه تدريجيّا إلى تحسين النّسل". ويوما بعد يوم ننتقل في تقنيات ما قبل الولادة من الواحدة إلى الأخرى وندخل شيئا فشيئا في هذا الطريق بلا نقاش وبلا تحذير. ومن الذي يعارض أن لا يكون كوكبنا عامرا بذوي العاهات والأمراض المزمنة وأن يكثر فيه الأذكياء؟ فلننتبهْ إذن ... فنحن نكاد نطبّق بعدُ تحسين النّسل. وجهلُ الحقائق العلميّة يمكن أن يسوق إلى مستقبل عنيف. والحريّة تقتضينا أن ندفع لها الثمن.

الهدف : الخلود

اللاّموت هو الذي يميّز الآلهة عن البشر. فالإنسان يموت وأمّا الآلهة فحيّة لا تموت. وكسرُ هذا الحدّ هو الحلم الذي راود كلّ الحضارات منذ أن وُجدت. وهو موضوع الأعمال القصصيّة الأدبيّة أو المسرحيّة، بل إنّه من الممكن أن نقول إنّ المعتقدات الدينيّة قد انبنت على ضرورة أن تمنح الإنسان الأمل في الخلود فعليك أن تشقى في الحياة الدّنيا أمّا في الآخرة، في الجنّة فَلَكَ النّعيم الأبديّ. وأمّا اليوم فقد أصبح تحقيق اللاّموت على الأرض موضوعا للأبحاث العلميّة لا للرّوايات أو الخيال العلميّ. وهذه الأبحاث ستزدهر في القرن الواحد والعشرين.

فـفي مـاذا تـتـمـثّـل ؟

لقد ابتدأت القصّة في نهاية القرن الثامن عشر حين كان أحد علماء الطبيعة الأوائل " ابراهام تَرَمْبلي" A.Trembley يدرس حيوانا متميّزا جدّا هو هدرة المياه العذبة. والعلمُ إذ ذاك يتساءل أهي نبات أم حيوان ؟ ولهذا الحيوان خصائص مدهشة. ويتكوّن من جذع مركزيّ تنطلق منه خيوط طويلة تتنزّل عنده منزلة الأيدي. ويمكنه أن يُعيد صنعها في بعض الأسابيع، وإن قطعنا الجذع نفسه تيسّر له أن يعيد صنعَه وتزويده من جديد بأيادٍ ناعمة طويلة مرنة كتلك التي كانت عنده. وهو ليس كائنا بسيطا، بل له أنواع مختلفة من الأنسجة المعقّدة المؤتلفة على نحو دقيق مضبوط. وذلك يعني أنّ هذا الجزء من الهدرة احتفظ في ذاكرته بالمخطط العامّ للهيكل وأنّه بإمكانه أن يعيد تركيبته وصناعته. والهدرة بالتالي لها في داخلها أعضاء وخلايا وجزيئات قادرة على ترميم كلّ شيء وإعادة خلق كلّ شيء. إنّ هذا الحيوان يصمد لكلّ شيء. ويعيد صناعة كلّ شيء. فهي تنطوي عل خاصيّة اللاموت، خاصيّة الخلود، بل إنّها تعمد كلّما شعرْت بالوحدة، إلى الانقسام إلى اثنين فتتحوّل هكذا هدرتين متماثلتين تماما. إنّها لا تحتاج لكي تتكاثر إلاّ إلى نفسها. وذلك ليس صحيحا تماما لأنّها تحتاج إلى التزاوج مع هدرة أخرى للإنجاب حين يكون القوت غير كاف. إنّ الاقتران الجنسي هو إذن نصيب الفقراء.

وهذه التجاربِ المدهشة التي كان يجب أن تفتتن بها جمهرةُ البيولوجيين طيلة قرن لم تثر إلاّ القليل من الاهتمام. وقد اكتشف بيولوجيون آخرون أنّ بعض الدّيدان حين تُـقطّـع إلى ثلاثة أجزاء تعيدُ خلقَ نفسها فإذا هي ثلاث ديدان بدل واحدة. وتوجد أنواع أخرى من الدّود لها قدرات عجيبة على التجدّد، ومنها دودة المياه العذبة المسطّحة "البلانير" وكذلك بعض الحيوانات كالصمندل

والعظّاية الخضراء. وأقترح عليكم في هذا الموضوع قراءة كتابين جيّدين. أحدهما لـ"أكسال خان" A.Kan[68] والثاني "لينكول لُدُوانَان" N.Le Douanin[69] وهما يعرضان بأسلوب واضح مغامرة طلب الخلود الرائعة.

وقد مكّنتنا التقنيات الحديثة في البيولوجيا الجزيئيّة والجينيّة من عزل الجينات المسؤولة عن الخلود باعتماد آليات معقّدة.

ولكن هذه الخلايا التي لا تموت ألا يمكننا إقحامها في جينات هذا النسيج أو ذاك أو في القلب أو الدمّ فنجعلها خالدة ؟ وفي ذلك هدف آخر على البيولوجيا أن تسعى إليه.

الطبّ الترميميّ

يجمع هذا العنوانُ كلّ التقنيات التي تسمح بتعويض خلايا قاصرة بخلايا سليمة وبالتالي بصنع الجديد بالانطلاق من القديم. وقوامُ هذه التقنية توالُدُ الخلايا. وخلايانا تتوالدُ بدون انقطاع والجديدةُ تعوّضُ القديمة التي يقع التخلّص منها. والنّسيج الوحيد الذي لا يعمل بهذه الكيفيّة هو النّسيج العصبيّ الذي يكون تكاثر خلاياه محدودا عند الكهول.

وتهتمّ اليوم أكثرُ البحوث حيويّة وطاقات بتقنيتين كبيرتين هما الخلايا الجذعيّة والعلاجُ الجيني. وقد سبق أن أشرنا إلى أنّ الخلايا الجذعيّة هي المتحكّمة في التوالد

---

68 - Axel Khan : Fabrice Papillon. Le secret de la salamandre.La médecine en quête d'immortalité. Paris 2005.

69 - N.Le Douanin : les cellules souches porteuses d'immort - lité. Paris 2007

الخلوي، لأنّ خلايا الجنين تتّصف بخاصيّة أساسيّة وهي أنّها ليست مختصّة لذا يمكنها أن تصبح خلايا دمويّة أو عضليّة أو عصبيّة ولهذا ننعتها بأنّها كاملة القدرات الكامنة. وتتمثّل الفكرة بالتالي في تناول هذه الخلايا ودفعها إلى التخصّص ثمّ غرسها على الأعضاء المريضة، سواء كانت القلب أو المخ أو الدمّ وتركها تتكاثر لتعوّض َ الخلايا المعطّبة.

وهذه التكنولوجيا هي اليوم بصدد التّطبيق ولكنّها تصطدم بعائق دينيّ لأنّ الدّين المسيحي يرى أنّ استعمال الأجنّة للتزوّد منها بالخلايا الجذعيّة يمثّل جريمة بحجّة أنّ الجنين هو بعدُ كائن بشري. ولهذا مُنعت هذه العمليّة في فرنسا رغم أنّها تفتح آفاقا طبيّة جبّارة فهي تتيح مثلا تعويض الخلايا في قلب مريض بخلايا جذعيّة ومكافحة أمراض تعطّب الخلايا العصبيّة. وحرصا على تجاوز المانع الدينيّ اقترح بعضهم أخذ الخلايا الجذعيّة من الكهول لأنّها توجَدُ في العديد من أنسجتهم. وهذه الخلايا أكثر تخصّصا من الخلايا الجينيّة ولكنّها أقلّ منها سرعة في توالدها.

ويمكن مبدئيّا تحسينُ هذه التقنية بإضافة الاستنساخ إليها. ويكون ذلك بصنع جنين مستنسخ من المريض لكي نتزوّد منه بالخلايا الجذعيّة اللازمة لزرع هذا العضو أو ذاك. ومن الممكن استعمال هذه التقنية لتجديد الأعضاء المعطّبة أو المحطّمة بفعل حوادث خطيرة. وهنا أيضا يصادفنا محرّم آخر هو الاستنساخ. والحجّة فيه أنّه يمكن أن يفضي إلى استنساخ إنسان كامل. وهذه قضيّة جوهريّة في بلدنا الذي يمنع هذه التقنيات بينما يتواصل فيها البحثُ في جميع أنحاء العالم، في الولايات المتحدة وبريطانيا واليابان والصّين والهند فكيف ستكون حال الطبّ عندنا بعد عشرين سنة بدون هذه التقنيات.

والمعالجة الجينيّة تَسعى إلى إصلاح الخلايا الفاسدة عند المريض بتعويض الجينة المريضة بأخرى سليمة والعمليّةُ سهلة في مبدئها. وتقتضي أن نأخذ كميّة من الخلايا المريضة لنستنبتها ثمّ نُدخل في نواتها حامضا نوويّا لشخص سليم. فتصبح عندئذ سليمة وعندئذ نزرع من جديد الخلايا الّتي أصبحت سليمة في نسيج المريض ونترقّب أن يُمكّنها تكاثرها من تعويض الخلايا الفاسدة بخلايا جديدة ومعافاة.

والصّعوبة في هذه التّقنية تكمن في الدخول إلى نوى الخلايا المريضة وإدخال الجينة السليمة فيها. والناقلُ أو الحامل الذي نستعمله في هذه العمليّة هو الفيروسات لأنّها تمتاز بقدرتها على اختراق غشاء النّواة الخلويّة وإيصال الجينة السليمة إلى هذه النواة، إلاّ أنّنا لاحظنا لسوء الحظّ أنّ هذه الفيروسات لها حياتها الخاصّة وتتكاثر بسرعة كبيرة جدّا وأنّها غالبا ما تقتل الخلايا التي أشفتْها نظريّا.

وقد حقّق "ألان فيشر" A.Fischer في مستشفى نيكار بعض النتائج الإيجابيّة على ولدان وُضعوا في الفقاقيع البلّوريّة ولكنّها ما زالت محدودة، فهل سنجد الفيروسات الناقلة غير القاتلة ؟ وهل للعلاج الجيني مستقبل؟ وهذه تمثّل تحدّيات جوهريّة للقرن الواحد والعشرين. وهذه الطريقة التي أسفرت عن بعض النتائج الإيجابيّة عند الفأر قد تكون عسيرة التطبيق على الإنسان رغم المبالغ الكبيرة التي جُمعت من حملات التبرّع التلفزيّة ورُصدت لها. وفي ذلك دليل آخر على صعوبة السيطرة على الكائن البشري في الحقل البيولوجي. وقد تظهر غدا فكرة جديدة تيسّر الخروج من هذه الوضعيّة وذلك هو العلم في تأرجحه بين الشكّ والأمل.

علم المناعة : التّهديد البيولوجي

ليست المعالجة الجينيّة إلاّ عيّنة من التطوّر الذي يمكن أن نتوقّعه في علم المناعة، وقد قلت وأكرّر الآن أنّ هذا العلم هو من أكثر النشاطات إثارة للاهتمام. وفعلا كيف يمكن لجسمنا أن يستنفر عند الحاجة أجساما مضادّة حالما تعتدي علينا جرثومة أو فيروس أو أيّ كائن آخر دخيل، غريب عنّا ؟ ولا شكّ عندي في أنّ القرن الواحد والعشرين سيفلح في استنباط تلاقيح ضدّ بعض الأمراض (متلازمة العوز المناعي المكتسب (السيدا/الايدز)) وضدّ الأمراض الفيروسيّة بصفة عامّة. وأظنّ أنّنا سنعرف كيف ننشّط أحسن نظامَ المناعة عندنا عند حدوث الأمراض. ومن البيّن في هذا الصدد أنّ هذا القرن سيشهد ظهور أمراض جديدة وأوبئة جديدة. وأنّها ستنتشر عبر العالم كلّه. وسيكون السّعي إلى معرفتها وطلب الدّواء المناسب لها من المواضيع الجوهريّة. ولا نستثني من ذلك إمكانيّة أن تنتشر بفعل عمل إرهابيّ.

وسيكون القرن الواحد والعشرون مسرحا لأوبئة جديدة ناشئة عن حصول تحوّلات أحيائيّة طبيعيّة. ومن الضروريّ أن تكون البنى الصحيّة في البلدان الواقعة ضحيّة لها قادرة على تشخيص هذه الأوبئة ومعرفة أسبابها واتّخاذ التدابير اللازمة للقضاء عليها. وأخطر وأفظعُ هذه الأوبئة هي بلا شكّ تلك التي تكون نتيجة لهجوم بيولوجيّ عسكريّ أو إرهابيّ. وبعد أن نكون قد درسنا نظامَ المناعة عند الإنسان وحدّدنا مظاهر قصوره يمكن أن نستعين بالهندسة الوراثية لصناعة فيروس قاتل أو بكتيريا ونشره في الدول المتقدّمة. والهجومات البيولوجية المحدودة التي عرفناها في الحرب العالمية الثانية يمكن أن تحدث من جديد وعلى نحو أخطر وأفظع بكثير. لذلك سيكون من واجب البلدان المتقدّمة أن تُنشئ أقساما حقيقيّة

للحماية البيولوجية ومراصد للاستكشاف أو تصنَع باعتماد الهندسة الوراثية تلاقيح وأجساما مضادّة قادرة على القضاء على هذه الفيروسات. وما عشناه مع فيروس متلازمة العوز المناعي المكتسب (السيدا/الايدز) أمر هيّن جدّا إذ يمكن اليوم لفريق صغير جدّا مُلمّ بالهندسة الوراثية إلماما متوسّطا أن يُحدث وباء كونيّا.

والولايات المتحدة وبريطانيا هما البلدان الوحيدان المستعدّان اليوم حقّا لمواجهة هذه الإمكانيّة وقد بدأت فرنسا تدرك خطر هذا التهديد.

تقدّم الطبّ السّريري

وإلى جانب هذه الاكتشافات المدهشة يجمل بنا أن لا نغفل عن التقدّم الكبير المتواصل الذي حقّقه الطبّ السريري. وفي كلّ ذلك كان العملُ مؤسّسا دائما على تحليل تطوّر ظاهرة أو تصرّف جزيء ولكنّ التقدّم الجوهريّ يبقى دائما رهنَ التجارب العلاجيّة. وبهذه الكيفيّة ذاتها حقّقنا في القرن العشرين تطوّرا كبيرا في معالجة الأمراض. من ذلك أنّ بعض أنواع السرطان وقع تسكينها لبعض العقود من الزمن إلى حدّ أنّه يجوز أن نعتبر ذلك ضربا من الشفاء منها. وما زلنا نفتقر إلى تلقيح ضدّ مرض متلازمة العوز المناعي المكتسب (السيدا/الايدز) ولا نملك دواء شافيا منه ولكنّ العلاَجَ الثلاثي المعتمَد يسمح بإطالة الحياة إطالة هامّة. ولا شكّ في أنّ اكتشاف "غريغوري بنسُوس" و "شانغ" للحبوب المانعة من الحمل اكتشاف كبير. ولكنّه كاد يمرّ دون أن ينتبه الناس إلى أهميته. وكذلك هي حال الطبّ السريري. والمؤمّل أن يكون هو المنطلق لإنجازات عديدة في القرن الواحد والعشرين في علم الوراثة وعلم المناعة وكيمياء الأحياء. ومن المهمّ أن لا نضحّي بهذا البحث السريري بحجّة المبالغة في العلم. كما وقع في وقت ما في فرنسا مع المعهد الوطني للصحّة والبحث الطبّي.

ولا شكّ في أنّه سيواصل الاضطلاع بدور جوهريّ في طبّ الغد وسيسنده في ذلك علمُ الأدوية. ويجب أن ندرج الجراحة في هذا التقدّم المتوقّع. فهي أيضا ستحقّق قفزات هائلة وخاصّة بفضل الإعلاميّة والتّصوير الطبيّ وعلم المناعة (لتجنّب عمليّات الرّفض).

وستؤدّي هذه التطوّرات حتما إلى إطالة مدّة الحياة في الدول المتقدّمة طبيّا وسيكون لذلك انعكاسات هامّة على الوضع الديمغرافي والاقتصاد (من يدفع جرايات التقاعد) وتنظيم المجتمع. وربّما تكون هذه الثورة الهادئة من أشقّ ما سيواجهنا في الغد.

وقد أصبحت الولادة موضوعا اجتماعيا في الجزء الثاني من القرن العشرين بفضل الاجهاض والحبوب المانعة للحمل. وأمّا في القرن الواحد والعشرين فالموت هو الذي سيكون موضوع جدل وهو ميدان حسّاس جدّا. أنّنا نتحدّث فيه عن "نهاية الحياة" لنتجنّب استعمال كلمة الموت.

الموت، موضوع سياسي

القضيّة اليوم هي فعلا قضيّة الموت. لأنّ معدّل العمر يزداد كلّ سنة بشهرين. ويبسط مشاكل طبيّة واجتماعيّة واقتصاديّة هامّة. من ذلك أن الأشخاص الذين تجاوزوا الثمانين غالبا ما يكونون تبعا لغيرهم. ولهذا تتّجه الجهود إلى بناء المزيد من دور الإيواء، وهي التي يُنهي فيها الشيوخ حياتهم. والقتلُ الرحيم يفرض نفسه أكثر فأكثر. وتنضاف إلى ذلك معضلة الضمان الاجتماعي. ونورد في شأنه نظرية الدكتور "كلغان" Callaghan إذ يقول : "لو متنا قبل أجلنا بثلاثة أسابيع لكانت صناديق التأمين على المرض رابحة". وثمّة كذلك سنّ التقاعد ولها

انعكاسها على التشغيل. فما هو العمر الأقصى الذي يمكن بلوغه. ولو استكملنا الخطوط البيانية الحالية لوجدنا أن معدل العمر سنة 2060 سيكون 105 سنة والعمر الأقصى هو 120 سنة. والنتيجة أنّ الزوجين المؤسسين للأسرة سيكون من العادي أن يرتفع خَلفُهما إلى 40 أو 50 شخصا. فكيف سيكون الرابط الأسري؟ هل سيكون قبليّا وماذا سيحدث للميراث ؟ ذلك أنّك سترث والديك وقد بلغت التسعين فما الفائدة من ذلك ؟ وإن قفزنا على جيل سيكون عدد الورثة 25. ومن الممكن أن يؤدّي ذلك منطقيّا إلى القضاء على الميراث وبالتالي على جزء من الرأسماليّة.

وذلك ما نراه بعدُ فقد أصبح الوريث المباشر لأسرة ذات أملاك صناعيّة هو الحفيد أو الحفيدة في أغلب الأحيان، وستصبح الأسرة مفهوما لا يخلو من الضبابيّة لأنّ التمديد في معدّل العمر يعني أنّ كلّ أسرة ستعيد تركيب نفسها عديد المرّات وسيكون لها أجيال من الأطفال يكون الفارق في السنّ بينها كبيرا جدّا. وربّما تحتاج الأسرة لكي تجتمع إلى كراء نزل كما نفعل ذلك اليوم للندوات. وستتكفّل بذلك وكالات مختصّة.

ويتمثّل الوجه الآخر من هذه المشكلة في الضّمان الاجتماعي وصناديق التقاعد. فإن شئنا المحافظة على الضمان الاجتماعي يجب التفكير في تأخير سنّ التقاعد إلى التسعين. وفي هذه الحال كيف سيتمّ تنظيم العمل، وكلّ مفهوم للهرميّة ينهض على مبدأ الأقدميّة يجب بدون أدنى شكّ حذفه.

ولا بدّ من إصلاح جذريّ للمدرسة وللجامعة لأنّ تطوّر المعارف والتقنيات سيبلغ حدّا يعسر معه مواصلة نفس العمل بدون إجراء رسكلات تكوينيّة عديد المرّات. وستكون الدراسة عن بعد والعودة الدّوريّة إلى مقاعد الجامعة هي القاعدة.

ونلاحظ اليوم وجود حركة تعمل في هذا الاتّجاه ولكنّنا ما زلنا مقيّدين بممارسات بيداغوجيّة تعود إلى القرون الوسطى. وحسبنا المعلّم الذي يملك المعرفة فهو الذي يتكلّم وعلى التلميذ أن يصغي، والعلم لا يُتداول إلا في اتّجاه واحد. وغدا حين يكون المعلّم في سنّ الأربعين والتلميذ في الستّين سيكون من الطبيعي أن تكون للتلميذ معرفة لا يمتلكها المعلّم. وسيكون التعليم قائما على التبادل وعلى العمل الشخصيّ. ولا مفرّ من اختراع تعليم جديد يستعمل المحاضرات عن بعد والإعلاميّة وتنظيم جديد للوقت.

الثورة الفلاحيّة

تحدّثنا عن الحيوانات فما الذي يمكن أن نقوله عن النباتات ؟ لنذكّرْ من جديد بأنّ العالم سيكون له ما بين 2 إلى 3 مليارات من الأفواه الجديدة بعد ثلاثين سنة من الآن، والوضعيّة الحاليّة لا تسمح بتغذيتها وبالتالي فالفلاحة هي الرهان الأساسي أو لنقُل هي النباتات.

ويبدو أن الأوضاع سيّئة لأنّ قضيّة الكائنات المعدّلة جينيّا لم تعُد مبحثا علميا وإنّما هي مسألة عاطفيّة تتّصل بعلم النفس الجماعي. وردود الفعل الوجدانيّة هذه هي التي تحدد المستقبل الفلاحي. والكائناتُ المعدّلة جينيّا نشأت ببلجيكا بفضل أعمال "مارك فون مُنتقو" M.Von.Montagu و "جاف شال" J.Schell وبفضل المعهد الوطني للبحوث الفلاحيّة تمكّنت فرنسا من أن تكون بسرعة من البلدان الرائدة في هذا المجال وذلك قبل أن يبدأ الأمريكان في الاهتمام بالموضوع وفي توسيع سيطرتهم على أسواق البذور من خلال الشركة الشّهيرة "مانسانتو" Monsanto والأضرار الحاصلة في فرنسا وأوروبا وقوانين المنع الصادرة فيها هي من عمل المتهجّمين من أمثال "جوزي بوفي" J.Bové الذين استغلّوا مخاوف

الناس القديمة وأفسحوا الـمـجال للشّركات الأمريكية مثل "مانسانتو" و"ديبون بيونير" D.Pioneer.

والحقيقة أنّه لا توجد إمكانية لإقامة فلاحة بيولوجية طبيعيّة لا وجود فيها لمبيدات الحشرات أو الأعشاب الطفيليّة، أو للأسمدة. وبدون نباتات معدّلة جينيًا. وبمثل هذه الفلاحة لن نقوى على المنافسة في السوق العالميّة. ولا شكّ في أنّ الفلاحة المراقبة جينيًا هي التي ستهيمن على القرن الواحد والعشرين ، وهذه المهمّة مثيرة جدًا من الناحية الاقتصادية والإنسانيّة والعلميّة.

وقد استطاع العلم منذ سنة 2000 أن يقسّم كامل المجين عند أربعة نباتات هي الأرز والكروم وشجر الحورو الأربدوبيس Arabidopis واكتشف أنّ هذه المجينات لا تقلّ ثراء من حيث عدد الجينات عن مجين الإنسان، خاصّة وقد كنّا نظنّ أنّ النباتات أقلّ تطوّرا من الحيوانات وقد اتّضح أنّها في مثل تعقّدها تقريبا. ولكنّها تختلف عنها. واتّضح كذلك أنّها عرفت مسالك من التطوّر لم نتصوّر وجودها. وأنّها تمتلك جهاز مناعة لمقاومة الأمراض، إلاّ أنّ هذه الأجهزة ليست كليّة عامة كجهازنا، إذ لكلّ خليّة جهازها، فهل ستسمح لنا هذه الدراسات باختراع تلاقيح بشريّة ؟ لأنّ وحدة الكائن الحيّ تعني أنّه بإمكان الإنسان أن يستغلّ الخصائص التي تمتاز بها النباتات.

وقد وُضعت طرق جديدة للانتخاب الفلاحي وهي تجمع الهندسة الوراثية مع الاصطفاء الطبيعي الحاصل بواسطة التصالب المعتاد بين سلالات الأنواع المعنيّة، ويمكن أن نذهب مذهب "إدوارد ولسن" E.Wilson[70] وهو المخترع

70- E.Wilson : sauvons la biodiversité. Paris. Dunod 2007

لفهوم تنوّع الأحياء والفائز بجائزة كرافور للبيئة. فتقول مثله إنّه بالإمكان إنقاذ تنوّع الأحياء المهدّد وذلك بإنتاج عيّنات من الأنواع المهددة أو المريضة بواسطة الهندسة الوراثية.

ويبدو أن هذا الميدان سيعرف تطوّرا كبيرا. وسنعرف كيف ننتج أنواعا من النباتات قادرة على الحياة في التربة المالحة أو على استمداد الأزوت من الهواء بحيث لا نحتاج إلى تسميد الأرض بالنّيتراتات، وسيمكّننا إدخالُ جينات إلى النباتات لمقاومة الحشرات من الاستغناء عن المبيدات. وبفضل مقاومة مبيدات الأعشاب التي سيتمّ إدخالها جينيّا في النباتات يمكن الكفّ عن فلح الحقول، وبذلك تنخفض نسبة تعرّي التربة ونسبة إصدار ثاني أوكسيد الكربون.

وكلّ هذه التقنيات تُطبّق اليوم على زراعة الذّرة والسّوجا والقطن. وغدا ستشمل القمح والخرطان وبعد غد الأشجار المثمرة. وهكذا ستتوفّر لنا أخيرا ثمار خالية من كلّ أثر للكيمياء، وكذلك ستكون حال الكروم وهي التي تحظى زراعتُها اليوم بأكبر حماية كيميائيّة.

ولا شكّ في أنّ ذلك سيدمّر أجزاء كاملة من الصناعة الكيميائيّة ولكنّ هل يجب أن نشتكي من أنّنا لم نعد نجد في أطباق الطعام موادّ كيميائيّة ؟ وسنتمكّن كذلك من صناعة أنواع من النباتات لا تحتاج إلى الكثير من الماء. والماء سيكون هو المشكل الأوّل في كوكبنا وخاصّة في المناطق ذات النموّ الديمغرافي السّريع.

التّركيب الضّوئي

وللحياة أسرار أخرى ليست أقلّ غرابة أو غموضا. ومنها النباتاتُ الخضراء التي تتمكّن بفضل الصباغ الموجود فيها وهو الكلوروفيل من التقاط الطاقة الشمسية

وتركيب جزيئات عضويّة، وهذه العمليّة التحويلية هي التي توفّر الطاقة لكلّ الكائنات الحيّة. وبفضلها تيسّر تخزينُ المحروقات الأحفوريّة. بدليل أنّ الكائنات اللاحمة تأكل النباتات التي تأكلها حيوانات لاحمة أخرى. وكلّ كائن يُقتَنَصُ هو مصدر طاقة. وكلّ كائن حيّ يستهلك مادّته الحيّة ويتخلّص من النفايات الناجمة عن ذلك ومنها ثاني أوكسيد الكربون. وهو يستمدّ طاقته ليحيا من عمليّة الاحتراق هذه. وبدون التركيب الضوئي والنباتات الخضراء لا وجودَ للحياة على الأرض. وذلك يعني أنّنا جميعا رهن الكتلة الخضراء الحيّة وأنّ الإنسان رهن الفلاحة. وبفضل الهندسة الوراثية بدأنا نفهم الآليّة الفيزيائيّة الكيميائيّة التي تحوّل الطاقة الضوئيّة إلى طاقة كيميائيّة. والمتوقّع أن ينشأ عن ذلك تطبيقان هامّان: يتمثّل أوّلهما في صناعة نباتات قادرة على امتصاص ضِعف ما تمتصّه النباتاتُ اليوم من ثاني أوكسيد الكربون، وفي هذه الحال ستتغيّر نظرتُنا إلى المشاكل المتّصلة بانبعاثات هذا الغاز المشطّة. وقد بدأت بعدُ عمليّة إدخال السّلسيوم في أوراق بعض النباتات لكونه هو المادّة المفتاح في الخلايا الفـُـتوقلتيّة ولتحسين المردود الطاقيّ، ولا بدّ من مضاعفة انتشار هذه الأنواع من النباتات، وهكذا سيقع بكيفيّة آليّة تعديلُ انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون. وأمّا التطبيق الثاني فيتجسّم في أن نصنعَ مباشرة موادّ قادرة على صُنع الطاقة القابلة للاستعمال انطلاقا من أشعّة الشمس، وسنصنع لوحات ضوئيّة تركيبيّة نباتيّة لنستغلّ ما تنتجه من الطاقة. والآمال في هذا المجال كبيرة حقّا ولا بدّ من أن نتقدّم في هذا المسعى، ذلك أنّه ما من شكّ في أنّ الكائنات الحيّة الأولى قامت على التركيب الضّوئيّ !

والإنسان اليوم قادر على الاستفادة من كلّ ما اخترعته الطّبيعة. وفي ذلك ما يزيده احتراما لها. وتلك هي المحافظة الفعليّة على البيئة.

الفصل السّابع

علوم الأعصاب و الإعلاميّة

والإنسان ! متى سنهتمّ به ؟

سان جون بيرس

ستزدهر علوم المخ ازدهارا كبيرا جدّا في القرن الواحد والعشرين سواء في ما يخصّ معرفتَنا لكيفيّة عمل المخ أو ما ينجرّ عن هذه المعرفة في المستوى الطبّي من النتائج. وسيؤدّي تطوّر علوم الأعصاب إلى تغييرات جذريّة في كلّ العلوم الإنسانيّة تقريبا. ومنها علمُ النّفس طبعا والألسنيّةُ وعلومُ التّربية وعلم الأناسة مع إضافة علم الإحاثة في الصّعيد المتعلّق بالإنسان. وسيظهر علم جديد أسمّيه الإدراكيّة لأشير إلى استقلاله عن بقيّة العلوم.

وستيسّر لنا علوم الأعصاب إيضاحَ الكثير من المفاهيم الدّقيقة كالوعي والأخلاق والمعرفة والطّيبة والجمال. وقد باشرتْ بعدُ هذه المهمّة[71].

71- J.P.Changeux : du vrai, du bon, du bien, o- Jacob.2008.

وسيتيح لنا الجمعُ بين عملياتِ تصوير المخ والأرصاد وتناول العقاقير الصيدليّة قطْع أشواط متقدّمة جدّا في فهم أُسس شخصيّة الإنسان والإحاطة بظاهرة الوعي وكيفيّة نشوء الفكر.

ومن الطبيعيّ أن نتوقّع أن يثير هذا التقدّمُ الكبير العديدَ من القضايا الأخلاقيّة الشائكة التي لن تقلّ حدّة عمّا أثارته المسائل الجينيّة. وربّما تتجاوزها. والأقرب عندي أنّ هدا التقدّم في علوم الأعصاب سيكون مرتبطا بالإعلاميّة التي ستتطوّر هي الأخرى في نسق سريع. وهذا التقارب في حقيقته طبيعيّ. أفلا تسعى الإعلاميّة إلى أن تحلّ محلّ المخ البشري في الكثير من نشاطاته التقليديّة ؟ والمخ والحاسوب أليسا من قبيل الأنظمة المتشابهة التي تسعى بآليات فيزيائيّة إلى معالجة هذا البعد الجوهريّ المتمثّل في الإعلام ؟

إلاّ أنّهما يختلفان اختلافا جذريّا من حيث طريقة العمل. فالمخ لا يعمل كما يعمل الحاسوب ذو المستويات المتعاقبة وحتّى ذو المستويات المتزامنة. والمعلومة فيه تنتقل ببطء كبير أي بسرعة 10 إلى 100م في الثانية، بينما تبلغ سرعتها في الحاسوب سرعة الضوء. وبنيةُ المخ مركّبة على نحو يجعله أقوى من الحاسوب بكثير في بعض التّمارين كالتعرّف على الأشكال مثلا. وأمّا في بعض العمليات الحسابيّة أو الرياضيّة الأخرى فإنّ الحاسوب أسرع بكثير من المخ. والمباراة في الشطرنج التي انعقدت بين بطل العالم في هذه اللعبة وهو "كسبروف" Kasparov والحاسوب المسمّى "بيغ بلو" Big blue (I.B.M) ألم تُنظَم للمقارنة بين قوّتيهما ؟

ولهذه العلاقات بين الحاسوب والمخ صيغ كثيرة. فقد اجتهد بعضهم لصنع حواسيب بوحي من كيفيّة عمل المخ كما نتصوّرها. والفكرةُ الموجّهة في ذلك

هي الجمعُ بين سرعة الحاسوب وقوّة المخ الناشئة عن بنيته. وقد صمّم "جون هُبفيلد" الأستاذ بجامعة برنستون أشهر الحواسيب في هذا المجال. ولا شكّ أبدا في أنّ الحواسيب ذات المستويات المتزامنة أو العاملة مجتمعة متعاضدة مستوحاة في مبدئها من فكرة أنّ المخ يعالج المعلومات على نحو متواز قبل أن يؤلّف بينها. من ذلك أنّنا عندما نرى قطارا من القطارات البرتقاليّة اللّون ذات السرعة العالية يمرّ فالمخ "يرى" شكل القطار منفصلا ويرى اللون البرتقالي والحركة قبل أن يُركب هذه الصّور ليحدّد نوعَ القطار باعتباره واحدا من الأشياء المسجّلة في ذاكرة هذا المخ[72]. وقد صُنعت بعدُ آلات تُسمّى الشّبكات العصبيّة. وهي تسعى إلى أن تعمل بهذه الطريقة. وقد حقّقت بعدُ بعض النّجاح.

وكلّما تقدّمنا في معرفة كيفيّة عمل المخ سنعمل على صنع أنواع جديدة من الحواسيب تسعى إلى تقليده. وما من أحد اليوم يمكنه التكهّن بما ستكون الحواسيب في نهاية القرن الواحد والعشرين.

وستجد الإعلامية وعلومُ الأعصاب رابطا آخر يمكن أن يصل بينهما وهو استعمالُ كلّ الآليات الإعلاميّة لاستكشاف المخ وفهمه ومحاولة إثارته بعد ذلك ودراسة ردود فعله. وأقوى وسيلة إلى ذلك هي تصوير المخ. وهذه التقنية ما انفكّ أداؤها يتحسّن.

تصوير المخ

توجَدُ اليوم تقنيات متنوّعة لتصوير المخ وأَقدمُها هو التّصوير الكهربائي، والتصويرُ ببثّ البُزترُونات والتصوير بالأصوات الفائقة والتّصوير المغناطيسي.

72 - E. Godoux : Cent milliards de neurones. Belin 1990

وهذه التقنيات تقوم على ظواهر فيزيائيّة مختلفة. وكلّها ما كان يمكنها أن توجَدَ لولا الحواسيب القادرة على معالجة كمّيات هائلة من المعلومات لإعادة بناء الصّورة.

وتسمح هذه التقنيات بمعرفة موضع مختلف نشاطات المخ سواء تعلّق الأمر بالسّمع أو الفكر أو بتمرين حسابيّ، وبفضلها اتّضح أنّ عمل المخ ليس جمعا لأنظمة فرعيّة أو لمناطق تشتغل منفصلة عن بعضها وأنّ عمليات كثيرة كالذاكرة واللغة تستنفر مناطق عدّة من قشرة المخ. وهي نسبيًا بعيدة عن بعضها ولكنّها متفاعلة في ما بينها، وتتيح هذه التقنيات كذلك اكتشاف المناطق المريضة ذات الخلايا المعطّبة. ولو لم نستند إليها لما تيسّرت الثورة التي يعيشها حاليا علمُ النفس والألسنيّة وطبّ العيون الخ... والمختصّون يرون أن القدرة على حلّ المشاكل ستتمتّن إلى حدّ كبير جدًا في العقود القادمة. وفي مجال التّصوير بالرّنين المغناطيسي الوظيفيّ يرى "دنيس لُبهان" D. Le Bihan وهو من كبار المختصّين في هذا الميدان بفرنسا أنّه سيكون من الممكن بعد عشرة سنوات من الآن أن نصوّر مناطق تشتمل على 10.000 أو 30.000 خليّة عصبيّة. ولا شكّ في أنّ هذه الأبعاد هي أبعاد الوحدات الوظيفيّة في المخ. ولنُذكّــر بأنّ رأس إبرة يتّسع لمليار من الصّلات الخلويّة العصبيّة، إلاّ أنّه لا بدّ لتحقيق ذلك من وضع رأس المريض في مغناطيس بقوّة 15 أو 20 أو 30 تسْلا (Tesla) أمّا في ذلك من خطر ؟ ما من أحد يعرف ذلك. ولنُذكّر فقط بأنّ قوّة الحقل المغناطيسي الأرضيّ تبلغ 10^{-4} تِسْلا. لن تخلو العمليّة من المخاطر إذن. ويجب أن نتوقّع العديدَ من الصعوبات ومن الحوادث وإمكانيّة المنع أيضا.

وربّما تسمح التطوّرات التقنية بالحصول على الصور الآنيّة أي في زمنها الفعليّ والحال أنّنا نحتاج الآن إلى يومين لمعالجة المعطيات. ولا شكّ في أنّ جزءا هامّا

من العلوم الإنسانيّة كالألسنيّة وعلم النفس وعلوم التربية ستعرف ثورة كاملة[73]. وسنستطيع كذلك إجراء تجارب على أفكار متفاعلة. وفيها يمكن أن نستعمل العقاقيرَ وندَعها تفعلُ مفعولها وأن نعطّل أو نحفّز الوظيفة التي نشاء بالإستعانة بالوسطاء الكيميائية (وهي التي تصل الخلايا ببعضها).

ولا شكّ في أنّ تطوّر تقنيات التّصوير سيتيح العملَ على أمخاخ بعض الحيوانات الصّغيرة كالفأر والجرذ وإجراءَ تجارب لن تكلّفنا الكثير من الاحتياطات كما هي الحال مع الإنسان فنستطيع أن نجرّب الأدوية والمنشّطات العصبيّة وأن نداوي تجريبيّا بعض الأمراض وأن نجري عمليات استئصال جراحيّة تجريبيّة. وحين نستطيع تصوير الخلايا العصبيّة الضخمة عند أرنب البحر الكاليفورني (من الرّخويات) وهو الحيوان الذي اختير لدراسة الذاكرة أو عند الحبّار العملاق المختار لدراسة السيالة العصبيّة سنتمكّن من رؤية الإشارات الكهربائيّة وعَدَدها ودراسة كيفيّة تكوّنها.

وكلّ هذه التجارب والأرصاد يمكن إجراؤها على الأمخاخ المريضة. وستتيح لنا كشفَ الأمراض كمرض ألزهيْمار أو بركنسون في أطوارها الأولى. وعلينا أن نراقب بعدئذ خطوة خطوة مفعول العلاج. ونستطيع أيضا أن نُعدّ جراحة مجهريّة وبوسعنا مراقبتها بدقّة لأنّها هي ذاتها سيقودنا فيها الحاسوب وتقنياتُ اللّصف النوعي وهي دقيقة جدّا.

ويمكن للحاسوب أن يكون امتدادا لنشاط المخ ومواصلة له. وهكذا يضخّم طاقة هذا المخ ويوسّعها. وقد تيسّر بعدُ تحقيق ذلك. ولكن على مستوى محدود.

73 - راجع في هذا الصدد : S.Dehoene : les neurones de la lecture Paris odile Jacob.2007. et L. Cohen : pourquoi les chi - panzés ne perlent pas. Paris 2009

الحاسوب امتداد للدّماغ

باستعمال التقنيات النّانويّة وعلم البصريات الكميّة ستتواصل نمنمةَ الحواسيب وتمتينُ قدرتها على معالجة المزيد من المعلومات وعلى مساحة أصغر فأصغر. وسنتمادى في استغلال الحاسوب لإجراء العمليات الحسابيّة وتوجيه الألات ولكنّ دوره كامتداد للأمخاخ سيبرز في الحياة اليوميّة خاصّة وسيُحدث فيها بعضَ الثورات الهامّة. لقد أثرى "ستاف جوبس" S.Jobs باختراعه للفأرة التي تُحِلّ التفاعل بين الإنسان والآلة بكيفيّة يدويّة. وبعد بضع سنوات ستنتشر بكثرة الحواسيب التي تأتمر بالصوت. فماذا سيكون مستقبل الرّاقنين؟ ولكنّ الأمر سيبلغ حدودا أبعد من ذلك إنّ الحاسبات الصغيرة التي نضعها في جيوبنا ستصبح نقطة صغيرة نضعها فوق النظارات أو وراء الأذن وستكون قادرة على إجراء عمليات بسيطة فكّر فيها المخ وعمليات حسابيّة معقّدة كتلك التي نتعلمها اليوم في الجامعات ؟ فهل يجب أن يتواصل تعليمُنا لهذه العمليات ؟ وإن واصلنا فهل سيحظى بانتباه التلاميذ ؟

والتّعليم الكلاسيكي للرياضيات قد تغيّر تغيّرا جذريًا بسبب الحواسيب الصغيرة. فماذا سيبقى منه سنة 2050 ؟ وهل سنكون مجرّد تابعين لطبقة عُليا تستأثر بالعلم وتكتُب البرمجيّات ليطبّقها أمثالي وأمثالك من عامّة الناس بدون أن يفهموها ولكن بدون أيّ جهد ؟ الفهمُ والجهد من الألفاظ المفاتيح في القرن الواحد والعشرين ولكن هل سيتواصل ارتباطهما ؟

والتّرجمة الفوريّة للّغات الأجنبيّة ستقع بكيفيّة آليّة بالهاتف أو بالإستعانة بآلات محمولة صغيرة. ويمكن للبحث في "غوغل" Google أن يقع باستعمال

مجَسّة الأذن ويمكن أيضا أن يرتسم مباشرة على النظارات[74]. ويمكن للصّوت أن يتحكّم في هذه العمليات والمتوقـّـع أن تعوّضه لاحقا الذّبذباتُ العصبيّة التي يحدثها هذا الصوت، فهي التي ستنقل الأوامر إلى هذه الآلات. والمدرسة، كيف ستصبح ؟ لن يبقى شيء لنتعلّمه لا توقيتُ الأحداث التاريخيّة ولا القصائد الشعريّة ولا العمليات الرياضيّة الأوّليّة. كلّ ذلك سيكون مُخزّنا في رقاقة صغيرة متخفّية وراء الأذن. وربّما تكون أيضا مزروعة مباشرة في المخ ؟ وعندئذ نكون قد أنتجنا الإنسان الإعلاميّ . هل سيكون الإنسان عندئذ أحسن أداء ؟ وهل سيكون عبدا للآلة ؟ وهل ستكون القيم من نوع التعلّم والعمل والتفكير مفاهيم صالحة، مفيدة ؟ وأنا أتحدّث عن الإنسان الغربي، وأمّا الإنسان في الدول المتخلّفة فسيبقى حرّا ولكنّه سيكون فقيرا. هل يكون هو ما سيبقى من الإنسانيّة ؟ هل سيصبح التخلّف فضلا ؟ ولا شكّ أنّ البون سيزداد شساعة في كامل الكوكب.

قد يبدو لك ذلك من إنتاج خيالي الخصب، ولكنّك تلمس حين تنظر حولك وتقرأ المجلات العلميّة أنّنا نوشك على بلوغ هذه الحال فعلا.

ومنذ بعض السنوات أنشأ "جرّي وايزنير" J.Weisener مدير معهد التكنولوجيا بمَسّاشوسات والمستشار العلميّ السّابق لجون كيندي معهدا جديدا لتكنولوجيا الفنون والإعلام. وقد تكهّن بما سيكون للمجتمع من تطوّر فقرّر أن يضع معهد التكنولوجيا بمَسّاشوسات في قلب التطوّر. وبدأ هذا المعهد عمله والمركّب الجامعيّ ينظر إليه ساخرا. وكنت واحدا من هؤلاء.

74 - تــوجد بعدُ نماذج تجريبيّة.

وبعد ذلك ببعض السنوات في سنة 1981 انتصر اليسار في الانتخابات بفرنسا، والعلاقة بين هذا وذاك تسمّى "قاستون دُوفار" G.Defferre فقد افتتن بالتكنولوجيا الجديدة في المعهد المعني آنفا وبمديره "نيكولا نقرُبنتي" Negroponte فقرّر عندئذ إنشاء المركز العالمي للإعلاميّة بباريس. وكان ككلّ نصير جديد مسحورا بما لا يفهمه ولكنّه كان مؤمنا به. وكان مقتنعا بأن الإعلاميّة هي الطريق إلى الاشتراكيّة التي يكون فيها العطاء على قدر الطّاقة. وفي ذلك العهد كان "دوفار" يعلن بجدّ أنّه بالإمكان بفضل تكنولوجيا "نقرُبَنْتي" أن نتعلّم اللغات الأجنبيّة والرّياضيات بدون جهد وعناء. لم يعد للطبقة أو للمنبتّ الاجتماعي دخل في التربية، إذ يمكن أن تضع آلة إلى جانب رأسك وتنامَ والمعارفُ تتكدّس في ذهنك أثناء ذلك. وأمّا "ميتران" Mitterrand فقد أعجبه ذلك رغم شكّه فيه ووجد فيه ما يظهر حقيقة التغيّر الاشتراكي. فتركه ينجز المشروع. ونعرف كيف انتهى إلى كارثة علميّة وماليّة. وانتهت هذه التجربة على نحو مخجل بعد انطلاقها بثلاثة أعوام بفضل حسن تدبير الوزير الأوّل إذ ذاك "بيار مُورُوي" P.Mauroy.

وما كان وهما خادعا عند "دوفار" بالأمس أليس بصدد التحوّل إلى حقيقة غدا ؟ وحالما تكون علوم الأعصاب قد نفذت إلى أسرار التعلّم والتربية واكتساب المعارف. ونكون قد اكتشفنا كيف ننشّط أيّ منطقة من مناطق المخ بأن نوجّه إليها إشعاعا كهرطيسيّا له طولُ الموجة المناسب سنصنع (ونبيع) آلات تساعد الأطفال على التعلّم. هل يجب أن نمنع هذه الآلات ؟ أم هل يجب مساندتها أو التكفّل بها ماليّا ؟ والجهدُ وهو من المحرّكات التي تدين لها البشريّة ببروزها كيف سيصبح إن قصرْنا كلّ شيء في الخلايا العصبيّة والمحوّلات العصبيّة أي في الآلات وبالتالي في

المال ؟ كيف سيختلفُ الإنسان عن جيرانه ؟ أبامتلاكه لهذه الآلات الإعلاميّة؟ وهذه الآلاتُ الرّائعة ألن تُباعدَ أكثر بين الفقراء والأغنياء، بين البلدان المتقدّمة وبقيّة البلدان ؟ سيقتضي منّا الوضع أن نفكّر بجدّ وبسرعة. فقد لا يكون من الواجب أن لا نستفيد من الآلات الميسّرة للتّعليم !.

التدخّل في المستوى العصبيّ

انتقال السيالة العصبيّة هو انتقال كهربائيّ وهو يحتاج في ذلك إلى استهلاك الأكسجين أي الطاقة، ونظرا لكونه كذلك فهو يسمح برسم المخ وتصويره، إلاّ أنّ هذه الخاصيّة يمكن استغلالها بعكسها.

وستبلغ العلاقات بين الإعلاميّة وعلوم الأعصاب حدًا أبعد من التصوير، وإمكانيّة أن نشوّش المخ وحتّى أن نؤثّر فيه بواسطة حقول مغناطيسيّة أو موجات كهرطيسيّة هو من الأمور المحتملة حسب رأيي، والجدل حول ضرر الموجات الكهرطيسيّة المتّصلة بالهاتف الجوّال ليس من العبث علميّا. ولم يدفع إلى الاستهانة بالتّحذير من هذا الضرر إلاّ صدورُه من أنصار البيئة المعادين للتطوّر واقتصارهم على الحجّة العاطفيّة دون الحجّة العلميّة. وبقطع النظر عن هذه الحساسيات من الواجب أن نتساءل في هذا الموضوع. فالجزيئات في الفضاء الخارجي تمتصّ الطاقة من الأطوال الموجيّة المليمتريّة وهي تلك التي تستعملها الهواتفُ الجوّالة. وبالتالي فليس من الخَوَر أن نرى أنّ هذه الهواتف التي تعمل في هذا الطيف من الذبذبات يمكن أن يكون لها تأثير على الجزيئات الحيّة. ولا بدّ قبل البتّ في الأمر، من دراسة المشكلة بعناية وبدون اندفاع عاطفي أو مواقف مسبقة لأنّ الفرضيّة مقبولة، معقولة. ألم تدفع الشركة الفرنسيّة للكهرباء تعويضا لفلاّح ظهرت على أبقاره علاماتُ اضطراب بسبب وجود خطّ للضّغط العالي؟ ويُنكر غُلاة أنصار العلم

مثلَ هذه الأضرار ولكنّ مظاهر الضرر ماثلة للعيان والعلماء المقدّرون لمسؤولياتهم والمحيطون بالكهرطيسيّة لم يفاجئهم هذا الحكْم. ومنهم صديقي "جولوي لـموال" Le Mouel وهو مغناطيسي ذو شهرة عالميّة وعضو في أكاديميّة العلوم. والخطر إن ثبت فهو في مستوى الآلات لا في مستوى الهوائيات فهي أضعف بمائة مرّة من هوائيات التلفزة.

ولنذهبْ إلى ما وراء هذا الجدل، إلى المنع ذاته، ولنتصوّرْ عالما بدون هواتف جوّالة[75] هل ذلك ممكن ؟ ولو استشرنا الناس في الأمر لفضّلوا قبول المخاطرة ! وحتّى الآن أفضت كلّ الدراسات المجراة إلى أنْ لا وجود للخطر. ونأمل أن نتـجـنّب الأسـوأ.

ولكنّ القضيّة لا تقف عند هذا الحدّ لأنّ تأثير العوامل الكهرطيسيّة على المخ بات حقيقة وقد بيّن أحدُ رجال العلم الأمريكيين بالتجريب على نفسه أنّه يمكن إحداث الطّرش بوضع مغناطيس قرب قاعدة المخ. فمن الجائز إذن أن نرى أنّه يمكن تحفيزُ المخ بكيفيّة خارجيّة بواسطة إشعاعات كهرطيسيّة. ونظرا إلى أنّ التّصوير المغناطيسي يسمح لنا أن نحدّد بدقّة المَواطن التي تُخزّن فيها مختلف أنواع الفكر فسيكون من الممكن بالتّحفيز الكهرطيسي الخارجيّ تشويش عمل منطقة ما وبالتالي تغييرُ تفكير الإنسان. وهل سنستطيع قراءة أفكار شخص ما ثمّ تغيير سلوكه ؟ يحاول المختصّون اليوم قراءة الأفكار بتصوير المخ (إلا أنّه من اللازم قبل ذلك وضعُ مخه في مركّب معقّد من الآلات) وسيكون بوسع الباحثين انطلاقا من الخارج تحويلُ اهتمام المخ بدفعه إلى استكشاف مواطن أخرى منه.

75- قضى أحد القضاة حديثا بتفكيك هوائي في محطّة ترحيل باسم مبدإ الاحتياط. ماذا لو نسج الآخرون على منواله.

ومن الطبيعيّ أن تكون هذه العمليات التي يوجّهها الحاسوبُ في كلّيتها باهظة التكاليف ولا يوجد أيّ خطر في تطبيق هذه التقنيات على مجموعات مواطنين[76] ولكنّه ليس من العبث أن نفكّر في تطبيقها على المرضى أو في مجال العدالة أو الأمن أو الجوسسة.

الإنسـان البيولوجي الآلي و الـكائنـات الآلـيـة

مثّل الإنسان البيولوجي الآلي موضوعا برنامج تلفزي شهير في الولايات المتحدة، وها هو يصبح واقعا إلى حدّ ما. وفعلا نجح الطبّ اليوم في زرع عضو اصطناعي على أحد المرضى وجعله يتحرّك وفقا للأوامر الصادرة له مباشرة من المخ. لقد وقع الرّبط بين الإنسان والآلة. وسيتيسّر صنعُ كائن مزدوج بدماغ بشري وأعضاء اصطناعيّة.

وهذا المجال يتطوّر بسرعة وحسبنا أن نُورد تجربتين قد تحقّقتا بعدُ، ففي ألمانيا حقّق الأستاذ "بيتر فرمهرز" P.Fromherz من معهد ماكس بلاك سنة 1995 عمليات اقتران بين الترانزيستور والخلايا العصبيّة ثمّ واصل تجاربه فربط خلايا عصبيّة بدارة إلكترونيّة، وستتيح لنا نمنمة الحواسيب إمكانيّة الرّبط بين خلايا عصبيّة ورقاقة مجهريّة وبالتالي اقحامَ رقاقة في الشبكة العصبيّة ونظرا إلى سهولة إصدار الأوامر إلى الرقاقة بواسطة الاشعاعات الكهرطيسية سيتسنّى لنا التدخّل مباشرة في الشبكة العصبيّة.

---

76 - على شرط أن نتصوّر أنّ إصدار موجات كهرطيسيّة قويّة ذات طول معيّن يمكنه أن يحدث وجعا في الرأس أو يدفع مائة شخص إلى البكاء في نفس الوقت.

وتجد هذه التجربة امتدادا لها في التجربة الثانية التي أنجزها "ميشال مهربيز" M.Moherbiz ببركلي Berkeley بجامعة كاليفورنيا، فقد استطاع أن يزرع دارة مدمجة في رأس حشرة، فثبّت في مخّها مسابرَ موصولة بالدارة المعنيّة، وهكذا تسنّى له من الخارج أن يتحكّم في هذه الحشرة فيدفعها إلى التقدّم أو الدّوران أو الطّيران أو النّزول وباختصار أصبحت الحشرة كائنا آليا. واليوم يفكّر العلماء بجدّ في صنع عين اصطناعيّة تسمح للضرير بالإبصار. وبعد عشرة سنوات سيكون بوسع المخ أن يُصدر الأوامر إلى الآلة. والآلةُ بدورها يمكنها أن تصدرَ إليه الأوامر، وعندئذ سنقوى على صنع عبيد من الحيوانات ومن البشر.

وفي نفس الوقت ستتيح لنا غنمة الحواسيب تطوير كائنات آلية ذكيّة، يمكن للدماغ أن يتحكّم فيها بالصّوت مثلا والمتوقّع أن يكون لنا في المنزل واحد من هذه الكائنات ليكوي الثياب ويشتغل على المكنسة الكهربائيّة ويُعدّ الطعام إلاّ أنّه من الممكن تصوّر كائنات آليّة قادرة على عمل فكريّ، إن أحكمنا السيطرة على الربط بين المخ والآلة فلماذا لا نتحكّم في الكتابة الآلية بدون أن نمرّ بالصوت أو بالإملاء؟ فأنا أفكّر وبالتالي أكتب. وآلتي تكتب بقدر ما يتبادر إلى ذهني من الألفاظ (وتصلح أخطاء الرّسم بفضل البرمجيّة التي تحتوي عليها). وتنبّهني إلى التراكيب التي لا تستقيم، بل ويمكنها حتّى ترجمة نصّي إلى الانجليزية أو الصينيّة.

وعلى هذا النحو واكتشافا بعد اكتشاف ها نحن ندخل في عالم تثير كلّ مرحلة منه قضيّة الأخلاق وتلك هي المشكلة. فكيف سنراقب ذلك ؟ الخادمُ الآلي سيكون جاهزا عمّا قريب. وأمّا الكائن الآلي الثائر من نوع "سبرتكوس" Spartacus فليس من المحتمل أن يظهر.

وإن عدنا إلى السيناريو الذي أوردناه سابقا فلماذا لا نتصوّر فيه إمكانية أن نزرع في المخ رقاقة مساعدة للذاكرة ؟

تحويرات المخ

منذ أن ظهرت في الأسواق الوسائط العصبيّة عرفنا أنّ حقن المخ بالعقاقير يغيّر تصرّف الجهاز العصبيّ. وبفضل تطوّر علوم الأعصاب أصبحت اكتشافات هذه الوسائط العصبيّة عنصرا جوهريا في دراسة المخ وفي البحوث السّريريّة المتّصلة به.

ولكن القرن الواحد والعشرين سيَدعُ هذه المناهج القديمة جانبا، وستتيح له التكنولوجيا النانويّة إمكانيّة أن يُدخل في المخ ذاته مقادير صغيرة جدّا من عناصر كيميائيّة وأن يضعها في مكان معيّن ويسخّرها لاستعمالات متنوّعة، لكي يعالج بها الأمراض المختلفة. كما أنّ العلم سيكون قادرا على حقن المخ بجزيئات أجنبيّة خارجيّة ذات أبعاد نانوية. فقد نحقنه هنا بجزيء لتسريح هذا الوريد المختنق وهناك بجسيّم معدني يمكن تحريكه بموجات كهرطيسية خارجيّة ودفعُه إلى تسخين أو تدمير مجموعة ما من الخلايا العصبيّة. ويمكن أيضا دفعُ المخ إلى أن يحرّر بكيفيّة منتظمة موادّ كيميائيّة مخصّصة للقضاء على هذه الخليّة المعنيّة أو تلك. ولكنّ أهمّ ما سيحدث سيعود الفضل فيه إلى الجسيمات النانوية التي سنحوّلها إلى أدوات نقل نانوية. فهي التي سننقل بها إلى المكان الذي نشاء الخلايا الجذعيّة التي ستتمكّن بتكاثرها من تعويض الخلايا المريضة، ومن البيّن، مرّة أخرى، أنّ الطبّ الترميمي سيكون هو التحدّي الطبيّ الأكبر في القرن الواحد والعشرين. فهل سيتمكّن العالم من السيطرة على كلّ ذلك ؟ ومن سيكون المستفيدين ومَن الضحيّة ؟

أمــراض الــمخ

لم نعـْـرُض حتّى الآن إلاّ بكيفيّة عَرَضيّة لمرضي المخ اللّذين يرعبان الناس، وهما ألزهيمار ومرض بركنسون فهل سنفلح في الشفاء من هذين المرضين الفظيعين؟ ولنبدأ بمرض ألزهيمار. أنا مقتنع بأننا إن لم نفلح في الشفاء منه، فسننجح على الأقلّ في إيقاف تطوّره وذلك إن لم نعطّل البحوث في الخلايا الجذعيّة وفي التّصوير الطبّي (خوفا من الحقول المغناطيسية القصوى) وإن لم نقيّد المحاولات العلاجيّة المستعينة بمختلف العقاقير. ولنبسط أحد السيناريوات حتّى يظهر أنّ هذا الاقتناع ليس اعتباطيّا : نعرف أن مرض ألزهيمار يقضي على الحصّين بالتّلف، والحصّين عنصر أساسي في الذاكرة، ثّم يستغرق المرض عشر سنوات تقريبا حتّى يتطوّر، وبفضل التكنولوجيا النّنُمتريّة واستعمال الاشعاعات الكهرطيسية سنوفّق في المستقبل إلى القضاء على أولى الخلايا المريضة هذا إن لم ننجح في زراعة خلايا أصليّة تعوّض هذه الخلايا المريضة التي حدّدنا بعدُ موضعها. وفي كامل هذا الوقت سنعطّل تكاثُــر الخلايا باستعمال العقاقير وربّما نوقفه باستعمال الحامض الرّيبي النّووي، والأحسن أن لا نغالط أنفسنا وأن نعترف بأنّ ذلك لن يكون ممكنا إلاّ بعد عشر سنوات أو عشرين. وربّما يظهر باحث عبقريّ فلا نحتاج إلى كلّ هذا الوقت.

أما بالنسبة إلى مرض بركنسون فستكون الأمور أسرع، لأنّه توجدُ بعدُ عقاقير تعطّل المرض. وأظنّ أنّنا سنتمكّن شيئا فشيئا كما فعلنا مع السرطان من السيطرة عليه بعرقلة تطوّره. وقد تيسّر حديثا تحقيقُ تجربة هامّة على الفئران تمثّلت في تثبيت مسابر كهربائيّة في مواضع معيّنة من مخّها. وبإرسال أشعاعات كهرطيسيّة في هذه المسابر استعادت هذه الحيوانات ما فقدته من قدرة على الحركة. وهذه التّجارب تشابه تلك التي أُجريت على الإنسان واعتمدت الإثارة الكهربائيّة، وفي الحالين ثمّة ما يدعو إلى الأمل.

المجادلات و الأخلاقيات

وفكرة أننا نستطيع التّأثير على المخ من الخارج يصعب على الذين يتّخذون من الحرية موضوع نضال أن يقبلُوها، فهل لنا الحقّ في الدخول إلى المخ ؟

وأنا لا أشكّ أبدا في أنّ بعض المسائل كالتعلّم والتربية سيقع تجديدها تماما بالجمع بين الإعلاميّة وعلوم الأعصاب ؟ وأنْ نعلّم كلّ شيء لكلّ الناس مسعى يبعث على الرضا عند عشّاق المساواة. ولكنّ تطوّر الإنسان ألم يكن بالانطلاق من مفاهيم التّمايز والتّنافس وتنوّع الاستعدادات ؟ وهل يمكن منطقيّا جعلُ الناس نسخا ذهنيّة متماثلة دون هدم أسس المجتمع ذاتها ؟ والمساواة مفهوم نبيل سام كلّما تعلّق الأمر بالحقوق وإمكانيّة تعزيز مبدإ تكافؤ الفرص. ولكن هل هي إيديولوجيا مفيدة ناجعة لمقاومة التّماثل الاجتماعي ؟ وهل يحقّ تحوير دماغ الإنسان لتحسينه؟ وكيف سيستعيد شخصيته وبالتالي هوّيته ؟

وهذه التساؤلات مهما كانت طرافتها تبقى وقفا على البلدان الغنيّة التي ستزدهر فيها هذه التقنيات. ولكن ألا يمكن أن ننظر إلى هذه التطوّرات من وجهة نظر معاكسة فنعتبر أنّها ستؤدّي إلى مضاعفة التباين بين الأغنياء والفقراء في مستوى البلد الواحد ثمّ على الصعيد العالمي !.

ومن السّهل أن نتصوّر أنّه بالإمكان، بالإستعانة بعلم الوراثة أن نصنع عالما مرعبا.

ولكن هل يجيز ذلك منعَ التطوّر ؟ لا طبعا. وإلاّ نكونُ قد انسقنا للخوف بدون تبصّر. ونحن نقرّ أنْ لا تطوّر ما لم يكن الإنسان هو الهدف منه. فعلى رجل العلم إذن أن يكون يقظا في ما يخصّ نتائج عمله. وقد سبق لـ" رابلي " Rabelais أن نبّه إلى خطر العلم إن لم تسنده الأخلاق.

الفصل الثامن

تـــاريخ الـعالـم

ما يبذله الإنسان من جهد لفهم الكون هو من الأشياء النّادرة التي تسمو بالحياة إلى ما فوق مستوى المهزلة. وتُضفي عليها جلال المأساة.

س. وينبارغ

من أين أتينا ؟ وأيّ طريق سلكنا ؟ وما هي أصولنا وأصول الأرض والكون؟ تلك هي أسئلة البشريّة الخالدة، وذلك هو المبرّر لوجود الأديان والفلسفات.

وهذا الطلب المستمرّ الذي لا طائـــل منه لن ينتهي أبدا. ولكنّ كلّ عصر يعلن أنّه وجد الجواب تقريبا. وكلّ حضارة أيضا. وفي هذا اللّفظ "تقريبا" يكمن كلّ شيء. ولن يكون القرن الواحد والعشرون استثناء. ورغم الهاجس النفعي عند الكثير ممّن يديرون البحوث فإنّهم يُبدون اهتمامهم بتاريخ العالم في مآدب العشاء فذلك يُعدّ من حسن الأدب. فهل عند الفكر البشري موضوع أهمّ من أن يعرف جذوره ؟

وفي القرن العشرين نجح علم الفلك في كشف بنية الكون وأصله وكيفيّة عمله. وفعلا اكتشف المجرّات وطريقةِ عملِ النجوم والانفجار الأكبر، ثمّ عرفنا من الجيولوجيا، أخيرا، كيف تكوّنت الأرض ومتى كان ذلك ؟ وأثبت لنا علمُ الإحاثة أنّ الإنسان كان قردا، وأنّه منذ خمسة ملايين سنة تجرّد من شعره ووقف على ساقيه، ولكنّنا نريد معرفة المزيد عن كلّ ذلك. فهل سيضع القرن الواحد والعشرون حدّا نهائيّا لهذا التّاريخ ؟ أم هل سيجرّنا إلى الدّوران في حلقة مفرغة؟ ووراء هذا البحث يقبع تحدّ كبير وهو الدّفاع عمّا يختصّ به الإنسان، وأعني الثقافة لأنّ كلّ شيء في الثقافة ينطلق من البحث عن الجذور.

علـم الـفـلك

إن كان من مبحث أساسي من الواجب حمايته فهو علم الفلك، وهو يغذّي أحلامنا الجماعيّة، والمختصّون يتكهّنون لنا بأنّ نهاية الأرض تتزامن مع نهاية الشمس وإنّ ذلك سيكون بعد خمسة مليارات من السّنين، لا داعي إلى العجلة إذن، ولكن ألا نخشى من أن يكون هذا الأجل أقرب بكثير بسبب أخطائنا.

وهذه المسائل متّصلة بالإنسان نفسه، بمنزلته العبثيّة التي لا معنى لها أبدا ولا تفسير إلاّ ما كان كيميائيّا. والتقدّم الذي حقّقه علمُ الفلك منذ خمسين سنة مذهل حقّا. ولكنّنا إن استشرفنا النّشاط الحاليّ فما من شيء يدلّ على أنّ تلك الاكتشافات المتلاحقة الباهرة ستتوقّف. وتوجد في الطيف الكهرطيسي إشعاعات يتراوح طول موجتها بين موجات الرّاديو والأشعّة السّينيّة. وفي ذلك ما يسمح بمضاعفة الأرصاد سواء على الأرض أو في الفضاء. وقد وقعت الإستفادة من كلّ الأطوال الموجيّة الواحد تلو الأخر في استكشاف الكون. وعلمُ الفلك الكلاسيكي كان قائما على رصد الضوء المرئيّ بواسطة المنظار ثمّ بالمقراب ذي المرآة وأمّا علمُ

الفلك الحالي فيستعمل كامل طيف مَكْسوال، فهو يعتمد على موجات الرّاديو كما يعتمد على الطاقات العالية. وهو يتربّص بكلّ التقنيات الجديدة وكلّ الاكتشافات الفيزيائيّة لاستغلالها في رصده للسّماء. فاستفاد من الأقمار الاصطناعيّة فوضع في أحدها المرصدَ "هابل" واستفاد من تكنولوجيا المراقبة الآلية باستغلاله لبصريّات التحويل التي تسمح بتصحيح التموّجات الجويّة انطلاقا من الأرض. وعمد إلى عكس الإشارات الصادرة عن الزلازل ليصوّر داخل الأرض. وسخّر اهتزازات الشّمس لاكتشاف داخل هذا النجم وتأسيس علم الزلازل الشمسيّة. وأمّا عن كيفيّة تكوُّن الأرض فإنّ الطّرائق الحديثة تتيح لنا رصدَ الأطباق السّديميّة حول النّجوم الصّفراء وبالتالي رصد تكوّن الكواكب القصيّة.

وكما حصل مع فيزياء الطاقات العالية لا نشكّ في أنّ ما تحققه الفيزياء الفلكيّة من تقدّم سيساهم في تطوير تكنولوجيات جديدة ستجد طريقها إلى الصناعات الطلائعيّة. وأنا أرى من وجهة نظر فلكيّة خالصة أنّه توجد ثلاثة تحدّيات (وهي لا تمثّل قائمة كاملة) أو لنقلْ تحدّيات عديدة تنتمي إلى 3 مواضيع كبرى :

♦ ولادة النجوم ومن حولها ما نسمّيه بالكواكب الخارجيّة ومن حولها أيضا الغيوم الكوكبيّة، وباستطاعتنا أن نكشف كيف نشأ النّظام الشمسيّ والأرضُ إن درسنا هذه العناصر وأضفنا إليها البحوث المجراة على النيازك وعلى أقدم صخور الأرض. وأنا واثق كلّ الوثوق من أنّنا سنخطو في هذا المجال خطوات حاسمة على شرط أن يتعاون الفلكيون والمختصّون في كيمياء الأرض. وذلك ليس مضمونا.

♦ وأمّا الموضوع الثاني فهو تكوُّن المجرّات. والمجرّاتُ هي مجتمعات من النجوم (بعض المليارات) ونعرف أن مركز كلّ واحدة منها يحتله ثقب أسود عملاق يبدو أنّه يضطلع بدور ما في تنظيم مجموع المجرّة. وترتسم من وراء ذلك مشكلة أحقاب

الكون القديمة جدّا بعد الانفجار الأكبر مباشرة ومشكلة المجرّات البدائيّة والنجوم الأولى الخ...

ويبدو أنّ النجوم الأولى كانت عملاقة. فهل كانت الثقوب السّوداء عملاقة هي الأخرى ؟ وكيف أمكن تنظيم كلّ شيء ؟ ذلك أن العالم يخضع لنظام ما. ونعرف أن الكون ليس متماثلا موحّدا. وأنّ توزيع المادّة المرئيّة توزيع كسري يتّخذ شكل الخيوط أو شكل المحتشدات أو غيرها.

♦وأما الموضوع الثالث فيخصّ تكوّن العناصر الكيميائيّة بواسطة التفاعل النووي داخل النّجوم، وصحيح أنّنا نملك رسما إجماليّا أنجزه في ما بين 1953 و 1960 "فراد هويل" F.Hoyle و "ادوين سلبيتير" E.Salpeter و"ويلي فولر" W.Fowler و "آل كمرون" A.Cameron ونعرف الآن أنّ هذا الرسم ليس متماثلا وأنه يتغيّر حسب النّجم وكذلك حسب العمر الكونيّ. وقد رأينا لمدّة طويلة أنّ التأليف بين العناصر الكيميائيّة هو عمليّة تدريجيّة جرت بنفس الطريقة في كامل الكون. وانتبهنا اليوم إلى وجود سيناريوات متنوّعة. ومنها حصول التركيب في السوبر نوفا أو في انفجارات النجوم الحمراء العملاقة، وغيرها، فهل يخضع ذلك لمنطق عامّ ؟ ومتى فهمنا هذا المنطق نكون قد وفّرنا الشرحَ لخريطة الكون الكيميائيّة. ذلك هو ما يعمل في سبيله زميلي "جرالد فشربورغ" G.Wasserburg بكلّ عزم رغم تجاوز عمره الثمانين سنة. وهو الذي تقاسمتُ معه جائزة كرافورد.

ويبقى السؤال الخالد في علم الفلك: هل الكون مُسطّح أمْ منحن أم مغلق أم مفتوح ؟ وماذا كان يوجد قبل الانفجار الأكبر ؟ وهل للسؤال من معنى ؟ وهنا تواجهنا قضيّة الزمن. والزّمن، حسب حدسنا البسيط، لا بداية له ولا نهاية.

والحال أن نظريّة الانفجار الأكبر تعني في جوهرها أنّ الزمن ابتدأ منه. هذا علاوة على أنّنا أصبحنا نرى منذ اينشتاين أنّ المكان والزمان شيء واحد. والمكان له بداية، فلماذا لا يكون الزمن كذلك ؟ ولماذا لا يكون سجننا كرة من زمان ومكان؟ والخوضُ في هذا الموضوع من مشمولات المختصّين. أمّا أنا فأعترف بأنّه يصيبني بالدوّار والذهول !.

وقد بقي علم الفلك، رغم قربه من الحلم وتعامله مع اللانهاية، نشاطا علميّا حقيقيّا وإنْ حاول بعضهم التّشكيك في طبيعته هذه. وقد التزم العلم بتنمية المعرفة بالجمع بين الأرصاد والتجارب والعمل المفهوميّ التقنيّ. وكذلك علم الفلك فقد جعل من الرّصد والقيس لبّ عمله. وهو لا يستند إلى المحاكاة بالحاسوب إلاّ بقدر ما تتطابق مع الأرصاد. والفلكيّون هم الذين اخترعوا المرصدَ الفضائي ثم علمَ البصريّات التحويليّ. وغدا سنرى طائفة من الأقمار التي ستعمل في المجال المرئيّ و تحت الأحمر أو في مجال الرّاديو. وبعد غد سينتصب المرصد القمريّ، وانطلاقا ممّا سيتوفّر لهم من الأرصاد والملاحظات سيُطوّرون المواضيعَ المتصلة بالفلك ويدرجونها في بناء واحد متماسك. سيتواصل البحث إلى اللاّنهاية.

وأخلُصُ من كلّ ذلك إلى أني لا أشكّ أبدا في أنّ علم الفلك سيُواصل تغذيتَه لأحلامنا وكشفَه للمزيد من أسرار الكون خاصّة والتّحديات التي يواجهها عديدة، ولا حدّ لها والأجوبةُ التي ينتهي إليها تثير بدورها الجديدَ من الأسئلة، وذلك هو جوهر العلم.

الجيولوجيا

تُعتبر الجيولوجيا من النّاحية المفهوميّة مرتبطة بعلم الفلك لأنّها تُعدّ، في تاريخ الطّبيعة، امتدادا له. وهي كذلك العلمُ الذي يسمح باكتشاف الموادّ

الأوّليّـــة والطّاقيـــة والماء ويمكـــننا من مراقبة المخاطر المتّـصلة بالبراكين والزّلازل. وهي الدّليل على أنّ ما قد يبدو من البحوث غير مُجد لأوّل وهلة يمكن أن يُـفضي إلى ما يفيد وينفع. وفي النصف الأوّل من القرن العشرين ركّـزت الجيولوجيا اهتمامها على النّـــفعيّ فقد كان من الضّروري إيجادُ البترول والفحم والمناجم المعدنيّة، ولذلك طغت عليها الدراساتُ الإقليمية و البنيوية.

وانطلاقا من سنة 1965 ومع ظهور تكتونيّـــة الصّفائح وبدء ريادة القمر وسائر الكواكب اتّـجهت الجيولوجيا بكلّ قوّة إلى دراسة المسائل الأساسيّـــة، وخفّـضت من اهتمامها بالجانب العمليّ التطبيقيّ. والحقّ أن البترول كان متوفّرا بكثرة في ذلك العهد وأسعارُ المعادن منخفضة جدّا، لذلك كانت فرصُ تشغيل المتخرّجين الجُـدُد من ذوي الشهادات العالية في الجيولوجيا محدودة جدّا.

وأمّا القرن الواحد والعشرون فستنكبّ فيه الجيولوجيا على إعادة بناء تاريخ الأرض مع السّعي إلى فهم كيفيّـــة نشوء الحقول النفطيّة والمناجم المعدنيّـــة حتى تقوى على معاودة البحث والتّـــنقيب في طبقات أعمق وفي مناطق جديدة. وما ورثناه من التقنيات من القرن العشرين يسمح بمباشرة هذا المسعى المضاعف. ومنها التصويرُ الفيزيائي للأرض والرّسمُ النّـظائري وميكانيكا السّوائل الطّبيعية.

ولنبدأ بتاريخ الكوكب. لقد وفّـــرت لنا تكتونيّـــة الصّفائح إطارا منطقيا يمكنُ أن نجمع فيه ملاحظات كانت في ما سبق متفرّقة، إلاّ أنّها لم تكشف لنا الأسبابَ الكامنة وراء ذلك ؟ من ذلك محرّكُ التكتونية ماذا عساه يكون ؟ ولا بدّ في هذا الصّدد من توضيح مشاكل السُّـــلم أو النّـــسبية بدليل أنّه توجد تكتونية عامّة ولكنّـــه من الضّروري أن نعرف كيف تُـفصح عن نفسها في المستوى المحليّ. أن نعرف مثلا لماذا ظهرت الزّلازل في جنوب شرقي آسيا في عهد معيّن ؟ ومختلفُ

الزّلازل التي تقع سنويًا في كوكبنا هل لها سبب آخر غير كونها تحدُث على حـدود الـصّـفـائح ؟

وأمّا القضيـّـة الثانية الواجبُ حلـّـها فتخصّ تحويل السلـّـم الزّمنيّ لأنّ الزّلزال يدوم لبعض الدّقائق، ولكنه يحرّر ضغوطا تراكمت على مدى ملايين السّنين. فكيف يقع هذا التّحويل ؟ هذا الانتقال ؟ وهل يمكن أن نتوقـّـع حدوثه بمشاهدات سابقة له؟

وتصادفنا نفسُ المشاكل تقريبا في ما يتعلّق بالموادّ المائعة الخارجيـّـة (المحيطات والغلاف الجويّ) وهي كلـّـها مترابطة من حيث تاريخها وسلوكها. من ذلك مثلا العلاقةُ بين الطقس الشديد التقلّب والمناخ الذي لا يقلّ عنه تقلّـبا ماذا عساها تكون ؟ وكذلك التيّاراتُ البحريّة كما نشاهدها على السّطح والترسّباتُ في قاع البحر ماذا يجمع بينها ؟ ونضيف إليها المؤشَرات العامّـة على مستوى كامل كوكبنا (الحرارة، نسبة ظهور الشّمس أخ...) والتـّـوزيعُ الجغرافي للمناخ ما هي العلاقة بينها هي أيضا ؟ ولنا في كلّ ذلك أفكار وملاحظات وأرصاد ولكنـّـنا مازلنا نفتقر إلى نظريـّـة كاملة في هذا الشأن أو في ما يتعلـّـق بكيفية نقل وشاح الأرض للحرارة أو بالحركة المنعقدة بين المحيط والجوّ. علاوة على ظواهر أخرى منها "النَـنْـيوُ" والأمطار الموسميّة وولادة الحقل المغناطيسي الأرضي وانعكاسُ اتّجاهه حسب وتيرة غريبة الأطوار.

وكلّ هذه النّشاطات تنتمي إلى نفس الظاهرة الفيزيائيـّة تقريبا. وهي ميكانيكا الموادّ المائعة، ونسمّيها أيضا ظاهرة الاهتياج أو الاضطراب، وهي من أهمّ المواضيع التي لا يفهمها الفيزيائيون فهمًا جيـّدا. ويبدو أنّ الدّراسات التي تناولت هذه العناصر الطبيعيّة تُجمعُ على أنّها تخضع كلّها تقريبا لمنطق الفوضى ولبُنى

كسْـريّة. ولا يمكن بالتالي أن نطبّق عليها المقاربة الحتميّة التي اعتدنا عليها. وحالما نتوصّل إلى فهم هذه القضايا الجوهرية بالغة الأهميّة سيتسنّى لنا أن نعالج المسائلَ الأكاديمية المتعلقة بتاريخ كوكبنا والمشاكل التي يمكن أن تكون لها انعكاسات اجتماعيّة كبيرة : ومنها التنقيبُ عن الموادّ المفيدة كاليورانيوم وحبسُ ثاني أكسيد الكربون بتخزينه في شكل طباشير. والفاصلُ الزّمني الذي يمكن اعتماده في توقـع الأحداث الخطيرة كالزّلازل والثوران البركاني و"التسّونامي" والأعاصير والفيضانات. وتقنياتُ الحماية التي سنسْتـنبطها ستكون حظوظـها من النجاعة على قدر معرفتنا بالآليات الأساسية المتحكمة في هذه الظواهر. وأظنّ أنّنا سنكون قادرين على وضع قائمة شبه كاملة في الموارد الطـبيعية المعدنية والطـاقيــة. وذلك من السّطح إلى عمق عشرة كيلومترات. ولهذا الغرض لا بدّ من أن تنطلق برامجُ حقيقية للتصوير الفيزيائي للأرض وأن نُطوّع لها تقنيات متعدّدة. وسنستطيع كذلك وضعَ خرائط للحرارة في باطن الأرض إلى عمق ثلاثة كيلومترات وقيسَ المقدّرات الحرارية الباطنية لمختلف المناطق. وأمّـا حبسُ ثنائي أكسيد الكربون، جيولوجيا، فسيكون أمرا مقضيـا قبل منتصف القرن وكذلك توقـعُ الفيضانات.

أصــل الــحـيـاة

سيكون مصدر الحياة محلّ جدال حادّ ستُـبسَط فيه مشكلةُ الجزيئات المعقــّـدة المتمثلة في الحوامض النوويّة وهي من المركّبات الأساسيّة للحياة. فهل رُكّـبت هذه الجزيئات على الأرض انطلاقا من عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين والأزوت ؟ أم هل هي ناتجة عن جزيئات عضوية معقّدة جاءت من الفضاء ووقع تركيبُها على الأرض ؟ وهنا أيضا ستكون المقارنة بين نتائج تحاليل

النيازك والأرصاد التي أجراها الفيزيائيون الفلكيون حاسمة. فهل قدمت الحياة من خارج الأرض فعلا كما يرى عالمان انجليزيان لامعان هما فراد "هويل" F. Hoyle و "فرنسيس كريك" الذي اكتشف مع "وطسن" الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين؟

الكواكب

ولا شكّ في أن هذا التقدّم سيجد ما ينشّطه في ريادة الكواكب لأنّ هذه الرّيادة ستنطلق من جديد في القرن الواحد والعشرين. ولن تكون محل تنافس بين الأمم لأنّ ارتفاع التكاليف لن يشجّع على ذلك بل سيدفع بالعكس الى تعاون عالمي ربّما يكون هو الرّمز لحكومة عالميّة متعاضدة. ولا شكّ في أنّنا سنجلب عيّنات صخريّة وغازيّة من المرّيخ والزّهرة ومن بعض الكويكبات. وستنطلق مسابرُ إلى داخل الغلاف الجويّ في هذين الكوكبين. وستنزل مركبات وآلات على أقمار المشتري وزحل. وهكذا سنتمكّن من ضبط موقع الأرض بكيفية أدقّ بالنسبة إلى بقيّة الكواكب وبالنّسبة أيضا إلى الكواكب الخارجيّة الموجودة خارج نظامنا الشّمسي والتي سيتمكّن الفلكيون من تحديد حجمها وهيئتها وخصائصها الفيزيائية والكيمائية. واستكشافُ أصولنا ليس أمرا هينا أو قليلَ الفائدة.

وفي ما يخصّ الجانب القديم من تاريخ الأرض سنحاول أن نفهم لماذا تغيّرت تركيبة غلافنا الجويّ منذ 2.2 مليار سنة. فقد عوّض إذ ذاك الجوّ الغنيّ بثاني أكسيد الكربون جوّ آخر غنيّ بالأكسجين. وإن توصّلنا إلى فهم كيفيّة تفخيخ كوكبنا لثاني أكسيد الكربون وتحويله إلى طباشير نكون قد حصلنا على المفتاح الذي سيسمح لنا بحبس هذا الغاز المساهم في الاحتباس الحراريّ.

وعلينا أيضا أن نسعى إلى فهم السّبب الذي جعل الأرض قبل 700 مليون سنة تتحوّل إلى كرة ثلجيـّة ولماذا وكيف انتهى هذا العهد الجليدي ؟ ولماذا لم تتعاقب على الأرض قبل 150 مـليون سنة عهود جليديـة ؟ ولماذا حافظت الأرض منذ 3.5 مليون سنة على ظروف من الحرارة والرّطوبة سمحت بازدهار الحياة ؟ هل يعود ذلك إلى أنّ الحياة نفسَها هي التي عدّلت المناخَ كما ترى نظرية "قايا" (الآلهة-الأرض أمّنا) والإنسان ! هل يقدر على تشويش هذا النـظام المناخي؟ وحتى إن كانت توقّعات علماء المناخ تتجاوز معارفهم فإنّ هذا السّؤال يبقى مطروحا.

وإن أردنا أن نفهم المناخَ وهو نظام معقّد جدّا فلا بدّ من دراسته على مستويات مخـتلفة من الزّمن لأنّ الأسباب والنـتائج لا تخضع لنفس المستويات أو الأمدية الـزّمنية.

أصـل الإنـسـان

في القرنين التاسع عشر والعشرين عرفنا تباعا أنّ الإنسان ينتمي إلى نفس الصّنف الذي ينتمي إليه القردُ وأنّ ظهوره كان في إفريقيا وأنه منها انطلق واستعمر العالم. وساد الاعتقادُ لمدّة طويلة أنّ ذلك قد وقع منذ مليوني سنة في السّافانا قرب الصّدع الإفريقي الكبير (Rift). إلاّ أنّ آخر الدّراسات ترى على ما يبدو أنّ الإنسان ظهر منذ 4 ملايين سنة وكان ذلك وسط الغابات.

وأمام كلّ واحد من هذه الاكتشافات نقف منبهرين أمام براعة علماء الإحاثة لقدرتهم على إعادة بناء تاريخ أو سلالة ووضعهما في محلّـهما من البيئة المعنيـّة بالانطلاق من بعض العظام (جزء من فكّ أو قطعة من ظنبوب أو بعض الأسنان). ولا شكّ عندي في أنّ القرن الواحد والعشرين سيكون مسرحا لاكتشافات مذهلة تتعلق بأصل الإنسان وصيَغ هجرته انطلاقا من المهد الإفريقيّ ، والازدهارُ

الاقتصادي في إفريقيا هو السّبب في ذلك. فهو الذي ستتطوّر وتنتشر بفضله الأشغالُ العامّة التي ستسمح بكشف الآثار القديمة جدّا وخاصة منها تلك التي تخصّ أصل الإنسان ومن الثــابت أن تقنيات استخراج الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين من العظام البشريّة وما عرفتْه من تحسّن منذ عشرين سنة بفضل جهود "ولسن" Wilson بجامعة بركلي ستيسّر اقتفاء أثر سلالات حقيقيّة كاملة. وسيساعد التّاريخ المعتمد على الإشعاع النّووي بوضع كلّ اكتشاف في محلّه التاريخيّ الدّقيق بالنسبة إلى بقية الاكتشافات. وستطالعنا بعض المفاجآت في خصوص العلاقات بين الإنسان والقرد الجنوبي ؟ هل تعايشا ؟ وهل أباد البشرُ الأسْتـَرَالبيتكس ؟ والجدّ الأوّل للإنسان هل هو من الأستـَرَالبيتكس؟ وهل الإنسان قرد حقّا كما يقول "اندري لنقاني" A.Langoneu ؟ وماهو السّبب في الهوّة العميقة الفاصلة بينهما ؟

الـتفـاعـلات الكبرى : الأرض من حيث هي نـظام

كلاسيكيّـا نقسّم الأرض إلى ميدانيْ بحث : باطن الأرض المسؤول عن البراكين والزّلازل وتكتونيّـة الصّفائح والأرض الخارجيّـة المتمثّـلة في المحيطات والجوّ وجملة الكائنات الحيّة. وساد الاعتقادُ أن هذين العالمين منفصلان. وشيئا فشيئا اتّضح أنّـهما شيء واحد. ! من ذلك أنّ صناعة قاع المحيطات المرتبطةَ بتكتونية الصّفائح هي عامل جوهريّ في تحديد هندسة التيّارات البحريّة.

والثّورات البركانية تغيّـر المناخَ إلى حدّ أنّ بعض الثورات الكبيرة جدّا كتلك المرتبطة بمنطقة "الدّكّـان" Dekkan انجرّت عنها فترات باردة جدّا حتّى أن الدّينصورات وأنواعا عديدة أخرى انقرضت في أواخر العهد الطّباشيري. فهل كان النشاط البركاني عاملا حاسما في التطوّر البيولوجي ؟

وعلى عكس ذلك نلاحظ أن عوامل التـّـعرية التي تأكل الجبال وتعرّيها لها تأثيرها في كيفيّـة ظهور هذه الجبال وربّـما في الزّلازل التي قد تهزّها، وربّما تكون الترسّبات المدفونة في وشاح الأرض أثناء الدّورات التكتونية هي الأصل في تكوّن حجر الماس.

ومن المسائل الأخرى مسألة التّفاعل بين الأرض والكون كلّـه. صحيح أن الشّمس عامل جوهريّ في المناخ، ولكن هل للأشعّة الكونيّـة هي الأخرى دور حاسم لكونها هي الدّافعة إلى تشتيت السّحب كما يرى بعض علماء الأرصاد في اسكندنافيا ؟ وهل تكون هذه الأشعّة هي المسؤولة عن بعض التحوّلات البيولوجيّـة الأساسيّة ؟

الـدّورات الـكيميائيّة على الأرض

ستعرف دراسةُ الغلاف الجويّ والمحيطات ودوراتِ المياه والكربون والفوسفور أو الأزوت تطوّرات هامـة جدًا بفضل الجمع بين الأرصاد بواسطة الأقمار الاصطناعيّة وهي ما انفكّت تزداد دقّة وبين النمذجة المعتمدة على الحاسوب. ولن يكون ذلك لضبط نماذج سابقة ضبطا حسابيًا بل لاستنباط نماذج جديدة وترجمة وشرح الأرصاد.

ويبدو أنّ المسألة الهامّـة في دراسة هذه الظّواهر الخارجيّة تكمن في ضرورة أن ندمج فيها الكيمياء البيولوجيّة التي تخصّ الأرض أي ضرورةِ أن نراعي تأثيرالكائنات الحيّـة. وهو تأثير بيّن وهامّ ولا بدّ منه.

وقد أشار إلى دوره بوضوح ومنذ ثمانين عاما الرّوسيّ "فرندسكي" Vernadsky[77] ولكننا منذ ذلك التّاريخ لم نتمكن من إدراج الحياة في كلّ مداها في نماذجنا في مجال الجغرافيا الكيمياويّة (بل إنّها بقيت هامشية). فهل سنتمكن فعلا من إعادة رسم دورة الكربون أو الأزوت أو الفوسفور وهي المفاتيحُ في تطوّر الحياة وفي تطوّر المناخ أيضا ؟ وان كنا نبحث عن التحدّيات، فهذا واحد منها ؟

ودورة المياه هل سنتمكن من كشف أسرارها ؟ خاصّة وهي بدون أدنى شكّ أهمّ ظاهرة بالنّسبة إلى الجيولوجيا وبالنّسبة الى تطوّر الحياة وتطوّر البشر. وهي، إلى ذلك تيسّر فهمَ المناخ. وهل سنفلح في إجلاء تغيرات هذه الدّورة وتطوّراتها ؟

والكيمياء الأرضية الأحيائية هي علم دائم التطوّر منذ خمسين سنة. فهل سيزدهر شأنها أخيرا وتصبح العلم الأبرز في جملة علوم الأرض؟ وفي ذلك تحدّ آخر لهذه العلوم.

لغة ايزوب

الحاسوب هو كاللّغة عند "ايزوب" Esope ، يمكنه أن يكون بالنّسبة إلى علوم الأرض أحسن شيء كما يمكنه أن يكون أسوأ شيء. أحسنُ شيء لأنّ الأبعاد المكانيّة والزمانيّة في هذه العلوم كبيرة جدّا إلى حدّ أنّها تمنع الاستنادَ إلى المنهج التّجريبيّ المباشر ولذلك يصبح الحاسوب أداة جيّدة على شرط أن لا ننسى أنّه مجرّد وسيلة بحث واستقصاء وليس الدّليل على الحقيقة ! ولنكرّرْ

77- فلادمير فرندسكي: رجل علم هرب من الثورة البلشفية ولجأ الى فرنسا عمل بمخبر المعادن (المزيوم) ويديره أنذاك الفراد لكروى Lacroix. وهناك كتب 3 كتب كان فيها بمثابة المتنبّئ القدير: كمياء الأرض والكمياء الأحيائية الأرضية والبيولوجيا الاشعاعية وهي غير موجودة اليوم. عاد الى الاتحاد السوفياتي سنة 1922. وأصبح بطلا وطنيا. ومعهد الجغرافيا الكيمياوية بموسكو يحمل اسمه

مرّة أخرى أن الرّصَد وحده وقيسَ الظواهر الطـبيعية هما اللـّـذان يسمحان بفهم النـّظم الطّبيعية. ولا بدّ في ذلك من الحدس والخيال. وقد وضّح المختصّون في فيزياء الموادّ المائعة مثل "بيارجيل دوجان" أنّ فهم نظام معقـّد لا يتحقـّـق بجمع المعادلات الّتي تصف عناصر هذا النظام بل باكتشاف المنطق الكليّ العامّ المتحكـّـم فيه.

وأظنّ أن الاستعمال المشطّ للنـمذجة على الحاسوب للاستعاضة بها عن دراسة الواقع سيتوقـف... ولا شكّ في أنّ ذلك سيستغرق بعض الوقت. وعلى علوم الأرض أخيرا أن تجمع بين الأرصاد (وخاصّة بالأقمار) والدّراسات التاريخيـة والتحليل الفيزيائي والنـمذجة. فكذلك فقط يتيســر لها تحقيقُ تقدّم كبير وعدمُ الانغلاق في المستقبل في خصومات مصطنعة. إنّ الافتراضيّ لا يمحو الواقع.

ذلك ما نأمله... وإن كان الوضع الحالي لا يبعث على التـــفاؤل.

الفصل التاسع

أزمــة الـطاقـة ؟

لا أحد يعرف ماهي الطّاقة بالضّــبط.

ر.فيمان

لا شكّ في أنّ الطـــاقة هي التحدّي الأوّل الذي يجب أن يجد له المجتمعُ الدّولي حلاّ. وقد وقع تطوّرُ مجتمعاتنا الحديثة حول محطـتين تكنولوجيـتين جوهريــتين : الآلة البخاريــة والمحرّك الانفجاريّ. ثمّ انضاف إليهما في مرحلة ثانية الكهرباء. وهذا النـوع الأخير من الطـــاقة هو الذي يسّر الازدهار الاقتصادي والصّناعي في الولايات المتحدة في أوّل الأمر. وفي القرن العشرين ازداد عدد السكّان بفرنسا بنسبة مرّة ونصف. وضُرب النــاتجُ الدّاخلي الخامّ في 10 ولكنّ استهلاك الكهرباء ضُرب في 1500 ! وقد وقع استغلالُ هذين المصدرين للطـاقة بطريقتين : إحداهما متنقــلة والأخرى ثابتة مستقرّة. والطاقة المتنقلة هي المستعمَلة في النّـقل بجميع أنواعه. وأمّا الطاقة الثانية فهي الـتي نحتاج إليها في التــدفئة والإضاءة وتطوير الآليات الصّناعية. وأهمّ مصدر للطــاقة اليوم، على المستوى

العالمي يتمثـل في المحروقات الأحفوريّة، فهي تساوي 80 % من مصادر الطاقة المستهلكة، وفيها نجد البترول بنسبة 45 % والفحم الحجري بنسبة 29 % والغاز الطّـبيعي بنسبة 26 %.

وهذه الطاقة الشـمسية الأحفوريَــة وقع جمعُها بفضل الخصائص العجيبة التي يمتاز بها جزيء الكلوروفيل القادر على صنع المادّة النباتيــّة الحيــّة بالانطلاق من الماء وثاني أكسيد الكربون.

أمّا المصدر الثاني للطاقة على المستوى العالمي فيتجسّم في الطاقة المائيــّة. وينضاف إليها في بعض البلدان كإيزلندا وزيلندا الجديدة وإيطاليا الحرارة الأرضيــّة والطّاقة الشمسيــة وهذه المصادر تمثل 14 %.

وأمّا المصدر الثالث فهو الطاقة النوويــة التي لا تساوي إلا 7 % على المستوى الكونيّ ولكنّ نسبتها في فرنسا تبلغ 32 % وهي مخصّصة لإنتاج الكهرباء.

وهذه الطــاقة تـُستـَعمل بنسبة 15 % للنــّقل و35 % لإنتاج الكهرباء و50 % للصّناعة ولإنتاج الحرارة لتدفئة العمارات. واستعمال المحروقات الأحفوريــّة يـُوضع اليوم موضعَ نقد لأنّ احتراقها يـُصدر ثاني أكسيد الكربون الذي يتراكم في الجوّ ويـُقويّ ظاهرة الاحتباس الحراري ويزيد في حموضة المحيطات ولأنّ المدّخــّرات ما تنفكّ تتضاءل.

المحروقات الأحفورية: ماهو حجم المقدّرات ؟

لنبدأ بالنــّفط. والنــّفط الكلاسيكي يُعتـَبر مصدرا رخيصا للطاقة، لأنّ طبيعته كسائل تسهّل استخراجَه بواسطة التــّنقيب حالما يقع اكتشافُ الحقل.

وغالبا ما يكون المنسوب قويّا جدّا ممّا يجعل التكلفة منخفضة. ونشير على سبيل المثال إلى أنّ تكلفة البرميل من النّفط تساوي دولارين في المملكة العربية السّعودية و11 دولارا في بحر الشمال[78]. والنّفقة الأساسية تكمن في التنقيب. وحالما يتمّ اكتشافُ الحقل تصبح عملية استغلاله مصدرا لأرباح كبيرة جدّا. وما تجنيه شركات البترول من أرباح مذهلة يشهد على ذلك.

♦ **والبترول** الكلاسيكي يُوجد في الأحواض الترسُّبيّة، ففيها يجد نفسه منحبسا بين بعض الطبقات. وهكذا يبقى محفوظا مخزونا عبر الأزمنة الجيولوجية. وربّما يجوز لنا أن نقول إنّ كلّ الأحواض الترسّبية القارية تقريبا تحتوي على كمية ما من البترول.

أمّا الحقول النفطية الأخرى فتوجد في البحر، في ما نسميه بالهوامش القاريّة. ومنها خليج المكسيك وهوامش أمريكا الجنوبيّة وإفريقيا وبحر الشمال. ولكن هل توجد حقول جديدة تترقّب أن نكتشفها ؟ هذه الحقول موجودة فعلا في البرّ وفي البحر كما تشهد على ذلك الاكتشافات الحديثة في سيبيريا وفي الهامش القاريّ بالبرازيل، ويبدو أن الصّين وأفريقيا الغربية ينطويان على مقدّرات هائلة.

وفي ما عدا هذا النّفط الكلاسيكي سهْل الاستخراج ولكنّ استكشافه باهظ الثمن توجَد مدّخرات أخرى نطلق عليها اسم الزّيوت الثقيلة والنّضيد الزّفتيّ. ويجب أن لا نخلط بينهما لأنّ الزّيوت الثقيلة توجد في الحجارة الرّمليّة المشبّعة بها (ولذلك نتحدّث أحيانا عن رمال زفتيّة). ويكون هذا النّفط في حالة عجين، ولا بدّ لاستخراجه من تحويله إلى سائل، ويكون ذلك باستعمال موادّ كيميائيّة

78- نسبة الأرباح تبدو هائلة حين يتجاوز سعر البيع 100 دولار.

ثم يقع ضخّه ثم تصفيته. أمّا النـضيد الزّفتي فيحتوي على شوائب من موادّ عضويـــة عسيرة الاستخراج لأنّ النـّضيد ذو قابليـــة للنفوذ أقلّ من قابليـة الحجر الرّملي، ولذلك يقتضي استغلاله مزيدا من الطـــاقة.

والحق أنـــنّا لا نحذق اليوم فنّ استخراج هذا "النّــفط الجديد" وطرائقُ الاستغلال الأكثر تقدّما في هذا المجال تخصّ الزّيوت الثقيلة. ولكنها ليست محكَمَة كلّ الإحكام. ومن البيّــن أنّ الطمع في الرّبح أخلّ بالآجال، فبدل أن تترقب الشركات النفطية أن تصبح هذه الطرائق جيـدة بادرت، حالما تجاوز سعر البرميل 100 دولار، إلى استغلال الحجر الرّمـلي الـزّفـتي في "ألبرتا" Alberta إحدى المقاطعات الكنديـة. واستعملت في ذلك كمّيات هائلة من الطاقة ومن الماء. وأصبحت العملية مصدرا لتلويث مريع شمل البيئة كلّــها. فتلوّثت الأنهار والبحيراتُ والغابات. ويبدو أن الأضرار فادحة جدّا الى حدّ أن الحكومة الكنديـــة بدأت تفكــر جديا في منع هذه العمليـة. ولمثل هذا القرار إنْ اتـّـخِذ وقعٌ كبير لأنّ الأطروحات البيئيـة ما انفكّ الاهتمام بها يتوسّع وستجعل إمكانيةَ العودة إلى استغلال هذه الرّمال الزّفتية بعد أن تمّ منعُها عسيرة حتى إن تحسّنت تقنيات الاستغلال. ومن حسن الحظّ أنّ الأزمة المالية ساقت إلى انهيار أسعار النّفط فقضت على هذه العملية المخجلة المشينة بالتوقّف ولن تنطلق من جديد قبل سنتين.

وأنا واثق من أنّه ستتوفــر لنا في ظرف عشرة سنوات التقنياتُ الملائمة للبيئة. وعندئذ يمكن أن نستغلّ هذه الرّمال استغلالا معقولا. ولا بدّ لذلك من أنّ نخصّص للبحث الأموال الكثيرة اللاّزمة له، خاصّة والمقدّراتُ من هذه الزّيوت الثقيلة تبدو كبيرة جدّا. وتوزيعُ هذه الزّيوت جغرافيّا يختلف عن توزيع

حقول النّــفط الحالية. فالمدّخرات ليست موجودة في الشرق الأوسط ولا في الدّول العربيّة بل نجدها في "ألبرتا" بكندا وفي فنزويلا وفي بلدان أخرى عديدة لم تكتشف بعدُ هذه الحقول.

أما النّضيد الزّفتي فيوجَد أحدُ أهمّ مدّخراته في الولايات المتحدة، ولكننا مازلنا نفتقر إلى تقنيات الاستغلال الملائمة. ومازال الرّهان التكنولوجي مستعصيا علينا.

ولا شكّ في أن السّؤال الذي نبسطه جميعا هو : إلى متى يمكن أن يتواصل استعمالنا للبترول ؟ وتصعب الإجابة عن هذا السّؤال لأنّها ترتبط بالطلب الذي ما انفكّ يتزايد بسبب بروز قوى اقتصادية جديدة، وبالمخزونات المقدّرة وسرعة استهلاكها. وكلّ شيء في ما يخصّ البترول الكلاسيكي، يدفعنا إلى الجزم بأنّ المنتجين لن يزيدوا في كميّة الإنتاج إلاّ في حدود ضعيفة وخاصّة إذا ما تجاوز السّعر ابتداء من 2010 حاجزَ المائة دولار للبرميل، فهم يعرفون أنّ مدّخراتهم ضعيفة، والأحسن أنْ لا يُسيؤوا التصرّف فيها.

وليس من الهيـن تقديرُ المدّخرات في الحقول المكتَـشفة بعدُ لأنّ البلدان المنتجة حريصة في أغلبها على أن يبقى الأمر سرّا، والحالُ مع الحقول الجديدة تبدو أعسر، لذلك يجمل بنا أن نفهم أنّ هذه التقديرات إنّما تكون بكيفية جمليّـــة. وذلك ما يفسّر الفارق الكبير في التوقّـعات بين من يرون أنّ نهاية النـفط ستكون لسنة 2050 ومن يجعلونها في أواخر القرن الواحد والعشرين !.

وأنا أميل إلى الرّأي الثاني. إلاّ أنّه من الواجب أن لا نغفل عن إمكانية حدوث النظريّة الأولى. وفي كلّ الأحوال يمكن أن توفر لنا الزّيوت الثقيلة عشرين أو ثلاثين سنة إضافيّة فقط، وبالتالي فمن المنطقي أن نعتبر أنّ النظريّة التي يجب أن نعمل بمقتضاها هي القائلة بأنّ نهاية البترول ستكون في نهاية القرن الواحد والعشرين.

وأمّا عن السّعر فمن العسير جدّا التكهّنُ به. وقد نزل اليوم بسبب الأزمة المالية إلى 70 دولارا للبرميل ولكنّه سيصعد بسرعة إلى أن يبلغ من جديد 150 دولارا. ولا شكّ في أنّـه سيصل ذات يوم إلى 200 دولار والمسؤول عن ذلك هو التطبيق البسيط لقاعدة العرض والطلب والبلدان الحريصة على الحفاظ على مدّخراتها لن تُـرفّع في إنتاجها. وأمّا الطلب فسيُواصل ارتفاعَه. هذا علاوة على أنّ تكلفةَ الزّيوت الثقيلة ستكون أكبر بكثير من تكلفة النّفط الكلاسيكيّ، واستغلالها بالتالي لن يحدّ من حُمّى الأسعار.

♦ وأمّا **الـغـاز** فهو محروق ذو قرابة وثيقة بالبترول من النّاحية الجيولوجية. ويتمّ التـنقيب عنه هو والبترول في نفس الوقت. وغالبا ما يكون منحبسا في جيوب متّصلة بالحقول النفطيـة. وأهمّ مُنتجيه هي روسيا وإيران والجزائر. والمقدّرات تكفي لخمسين سنة على الأقلّ باعتبار الاستـعمالات الحـالـية التي تقـصُرُه على التدفئة وإنـتـاج الـكـهربـاء.

♦ ثمّ يـأتي **الـفـحم** وهو مـصـدرُ الطّاقة الّذي انطلقت بفضله الثّـورة الصناعيّـة والذي لم يـنخفض إنتـاجه أبـدا، والمـقدّراتُ الـعالميـة من هذه المادّة ضخمة جدّا وخـاصّة في الـهند والـصّين والـولايـات المتحدة عـلاوة على استراليـا وإفـريـقـيا الجنوبية.

والفحم مستَـعمَل للتدفئة وإنتاج الكهرباء. أمّا لِكَـمْ من الوقت يمكن أن تكفينا المدّخراتُ فيصعب التكهُن به لأنـــنّا لا نعرف كيف ستكون وتيرةُ استهلاكه وبأيّـة سرعة. وما نعرفه هو أنّ هذا الاستهلاك سيزداد خلافا للبترول، وحسبنا الإشارة إلى أن الصّين يبني محطـة جديدة لتوليد الكهرباء في كلّ أسبوع. ولا شكّ في أن الولايات المتحدة ستواصل استغلالها لهذه المادّة وكذلك ألمانيا

وبولونيا والهند وأستراليا وإفريقيا الجنوبية، والمدّخَرات بالتالي وإن كانت كبيرة جدّا ستنتهي بدون شكّ في أواخر القرن الواحد والعشرين. فماهي الحلول البديلة ؟

الطّاقة النووية

◆ **المركزيات النووية الكلاسيكية** : تنتج هذه التكنولوجيا 78% من الكهرباء في فرنسا و16 % فقط من الكهرباء على الصعيد العالمي. وتتمثل في إحداث التفاعلات الانشطارية المتسلسلة في الأورانيوم 235 المخصّب. وهذه المركزيات تثير عند بعض الناس خوفا غير معقول فهم يخشون من أنْ تنقلب إلى قنبلة ذرية. وقد وضحنا لهم أنّ ذلك مستحيل تقنيا. ولكنّ هذا الشرحَ لم يمْحُ صورةَ هيروشيما العالقة في أذهانهم. وممّا غذّى هذه المخاوفَ أحداثُ العطب التي وقعت في "ثري مايل ازلند" Three Miles Islands وفي "تشرنوبيل". إنّ هذه الطاقة التي تثير الخوف هي التي ضمنت لفرنسا استقلالها الطاقيّ منذ خمسين سنة.

وهذا المصدر للطّاقة لا يخلو من المشاكل : أُولاها هي النفايات لأنّ التفاعلات الانشطارية تكسّر نَوى ذرّات الأورانيوم. وتنشئ أثناء ذلك العديد من العناصر المشعة الضارّة. وطولُ حياتها يختلف إذ يتراوح بين الجزء الألف من الثانية وملايين السّنين. وأكثر هذه العناصر خطورة هي نظائرُ اليود والكيسنون والكربتون والسترانسيوم والسيزيوم. وهذه النفايات يجب أن تُخزن ويُحتفظ بها بعيدا عن الناس وإلاّ كانت سببا في أضرارٍ مرعبة على البشر وعلى الحيوانات... والمختصّون يلفّونها اليوم في غلاف من العجين البلوري، ثم يقع خزنُها في باطن الأرض. والعملية لا تخلو من المخاطر الجيولوجية لأنّ هذه النفايات يمكن أن تلوّث المياه الجوفية لزمن طويل إن حصل التواصل بينهما.

وأمّا العيب فيخصّ مقدّرات اليورانيوم، ومعدّلُ نسبة وجوده في القشرة القاريّـة يبلغ غرامين في الطنّ الواحد من الحجارة. فهو إذن معدن يندر وجودُه في القشرة الأرضيـة. وقد يتكثّف في بعض المناجم حيث يوجَـد في شكل معدن غير خالص غالبا ما يكون أكسيد الأورانيوم (UO_2). وتوجَد أثرى هذه المناجم في الأراضي التي تعود إلى ما قبل الزّمن الكمبري التي يتجاوز عمرها 1.7 مليار سنة. ومثل هذه المناجم موزّعة اليوم على أستراليا وكندا وكازاخستان وروسيا وإفريقيا الجنوبية والهند والصّين وإفريقيا الغربية والبرازيل. وأوروبا ليست خالية منها وإن كانت أقلّ قِـدَما وأقلّ ثراء. ونجدها فعلا في تشيكيا وألمانيا وفرنسا.

أمّا عن المدّخرات العالمية من هذا المعدن فيمكن أن تكفي حسب التقديرات الرسميّة لمائة وخمسين سنة، إذ ينتصب اليوم 434 مفاعلا نوويّا ويوجد 33 هي الآن بصدد البناء و400 مازالت مجرّد مشاريع. وذلك يعني أنّ العدد سيتضاعف بسرعة ولن تتوقـف هذه الحركة. ولنلاحظْ أن المدّخرات لن تكفي إلاّ لثلاثين سنة إن استعمل العالم كلّه الطاقة النوويّـة بكيفية مكثفة وجعلها تبلغ 50 % من مصادر الطاقة عنده. وهذه الإمكانية غير واقعيـة ولكنها تساعد على بلورة الأفكار في هذا الشأن.

ونستخلص من هذا العرض السّريع أن الطاقة النـوويّـة التـقليدية القائمة على انشطار الأورانيوم 235 في المركزيات الكلاسيكية هي مصدر طاقيّ ثابت وقارّ، ولكنها لا تمثـل حلاّ على المدى الطـويل لا بالنسبة إلى العالم فقط بل حتّى إلى أوروبا أو إلى فرنسا أيضا... إنّ الحلّ المطلوب هو الحلّ الذي يقضي على التوتر الاقتصادي، أي على حُمّى الأسعار وداء الخوف أعني الخوفَ من النفايات.

◆ **المفاعلات النووية الفائقة** : من الحلول الممكنة على ما يبدو الاستعمال الحكيم للمفاعلات النووية الفائقة وهذا الاسم يثير في الفرنسيين ذكرى "فينكس" و"سوبرفينكس" ويمثّلان مسعى لم يكتمل تلاه الفشل. وفحوى الرّأي الغالب في هذا الشأن أنّ الاشتراكيين في عهد "ليونال جوسبان" رضخوا لأنصار البيئة فأوقفوا "سوبرفينكس". والحقيقةُ أبسط من ذلك. وهي أن "فينكس" كان نجاحا تكنولوجيّا وأملا اقتصاديا وأمّا "سوبرفينكس" فكان فشلا ذريعا وخسارة مالية هائلة. ويمثل إيقافُـه مصدر نعمة عند "ليونال جوسبان"، فبه يدّخر نفقات لا جدوى منها ويضمن مساندةَ "الخضر" له في الانتخابات. وننسى أنّ "جوسبان" اختار في نفس الآن أن يعيد تشغيل "فينكس" حتّى لا يخسر تكنولوجيا المفاعلات الفائقة. وبهذا الموقف الحكيم بقيت فرنسا في الطليعة في هذا المجال وفي ذلك غُـنم كبير حاليا.

ولكن ماهو المفاعل المتطور أو المفاعل الفائق ؟ تنهض هذه التكنولوجيا على الفكرة التالية : وهي أن نتخلـى عن استعمال الأورانيوم235 الذي لا يمثّـل إلا حصّة واحد من136من الأورانيوم الطبيعيّ وأن نعوّضه بالأورانيوم 238 الذي يمثّـل المائة وستّـة وثلاثين حصّة الباقية من الأورانيوم الطبيعيّ ! وهكذا نضرب المدّخرات المحتملةَ من الأورانيوم في مائة. وبـَدَل أن يكون لنا ما يكفي لـ150 سنة سنصل إلى 1500 سنة. وتكمن الحيلةُ في أن نصطنع من النترونات السّريعة القادح في هذه العملية. ومهمة هذه النترونات أن تحوّل الأورانيوم 238 الى البلوتونيوم 239 القابل للانشطار بالنترونات البطيئة كما هي الحال مع اليورانيوم 235. وهذا الأورانيوم الأخير مازال مستعملا، ولكن كقادح وفي نسبة صغيرة. والمردودُ الطاقي في هذا المفاعل أكبرُ بمائة مرّة منه في المفاعل الكلاسيكي. فلماذا بنينا إذن مفاعلات كلاسيكيّة بدل المرور مباشرة إلى هذه المفاعلات الجديدة ؟

لماذا فشل "سوبرفينكس" ؟ بسط هذا المشروعُ مشكلة نقل أو تداول الحرارة، لأنّ انشطار الأورانيوم 239 يصدر حرارة مرتفعة جدًّا إلى حدّ أنّ الماء لم يعد هو الأداة المناسبة لنقل الحرارة إلى الدورة الثانويــة تلك التي تزوّد التـربينات. فلا بدّ من ناقل آخر للحرارة يكون أسرع وأقدرَ على النقل وأكثر فاعلية. وهذا النـاقل وجده مهندسو "فينكس" في الصوديوم السائل وكانت النتيجة رائعة حقـا. ولكنّ هذا السّائل يمتاز بأثره السلبيّ على غيره من العناصر، فهو يذيب المعادنَ ويجعلها ذات مسامّ. إنّه سائل ضارّ. ومتاعب "سوبرفينكس" جاءت منه. والمختصّون يعرفون كيف يدجّنونه في الآلات ذات الأحجام الصّغيرة (فينكس مثلا). وأمّا في الأحجام الكبيرة فلا سبيل إلى السّيطرة عليه.

فماهي الحلول للخروج من هذا الطّـريق المسدود ؟ والحلّ الأوّل هو البحث عن بديل للصوديوم السّائل، وقد اقترح الرّوس الرصاص السّائل. والبحث يتّـجه اليوم إلى الغازات النـادرة (الأرغون، الكربتون، الكزينون). والحلّ الآخر هو العودةُ إلى فينكس أو بالأحرى إلى مجموعة تضمّ العديد من فينكس وتنتج نفس كمية الطـاقة المرتقبة من سوبرفينكس. والبلاد جاهزة لإقامة مثل هذه المنشآت.

ولكن أيّ آجال نختار ؟ ذلك أنّ فرنسا ليس بوسعها بناء مثل هذه المفاعلات قبل 2015 وتسويقها قبل 2020. وانتشارُها العالميّ لا يمكن أن يكون قبل 2050. ويمكن أن نتصوّر أن نسبة النوويّ في إنتاج الكهرباء العالمي ستبلغ شيئا فشيئا 50 % في نهاية القرن الواحد والعشرين. ولكنّ الكهرباء الذي يمثّل اليوم 35 % من إنتاج الطاقة سيرتفع بدون شك إلى 60 %. وخاصّة بسب انتشار السيارة الكهربائية.

فنحن إذن في حاجة ملحّة إلى المرور إلى المركزيّـات من الجيل الرّابع، ويمكن لفرنسا أن تحتلّ في هذا الميدان مكانة مرموقة والحكمة تقتضي أن نبادر إلى إنجاز ذلك في الآجال المناسبة حتى لا تفوتنا الفرصة.

ولكنّ انتشار النووي يثير العديد من المسائل الجوهريّـة.

السّلامة و التعديّات العسكريّة

سبق "لجورج شارباك" G.Charpak "و" ريشارد.ل.قروين" R.L.Garwin" أن شرحا أنّ أمن المركزيات النوويّـة هو قضيّة جديّة. والمسألة لا تعني انحرافا عن المسار يقضي عَرَضيـا بتحوّل هذه المركزيات إلى قنابل ذرية بل يتعلـق بما قد يحدث من خلل أو عطب يؤدي إلى إصدار موادّ إشعاعية في الطبيعة ستلاحقنا آثارها لألف سنة. وقد رأينا ذلك في "ثري مايل ايزلند" و "تشرنوبيل" والحقّ أنّ الأمن مازال غير مضمون بكيفية كاملة في مركزيات الاتّـحاد السوفياتي السّابق رغم بعض التحسّن. ورغم ذلك يسعى الرّوس إلى تصدير مركزياتهم إلى بلدان عديدة. ومن الضّروري، والطاقة النوويّـة ما تنفكّ تتوسّع، أن نُـنشئ نظامَ مراقبة عالمي فعّال. وعلى البلدان الرّاغبة في استعمال الطاقة النووية أن تكون لها مركزيات ضامنة للأمن وأن يكون لها أيضا مهندسون وفنـيون لهم التكوين المناسب. ونشير في هذا الصدد إلى المفاعل الأوروبي ذي الضّغط الجوّي العادي. فهو مركزيّـة كلاسيكية ولكنّه أكثر أمنا من غيره بكثير.

ومن الواجب كذلك أن تجد مشكلة معالجة النّـفايات ودفنها حلاّ لها على المستوى المحليّ، وإلاّ اضطـررنا إلى عمليات نقل لمواد مشعّة. وستمثّـل هذه العمليات تهديدا مرعبا للبيئة.

وعلاوة على ذلك ثمّة خطر الانزلاق العسكريّ، ويجب أن نعرف أن صناعة قنبلة ذريّــة بالبلوتونيوم أسهل من إنجاز محطّــة إنتاج الكهرباء. وكلّ بلد له صناعة نوويّــة مدنيّــة قادر بالقوّة على أن يبلغ بسرعة الصّناعة النوويّــة العسكريّــة. وفي ذلك خطر كبير بالطّبع، وأرى أن إيران وكوريا ستمتلكان القنبلة الذريّــة وستتبعهما بلدان أخرى، لذلك بات من الضروريّ إنشاءُ نظام دولي للمراقبة الصّارمة في كلّ البلدان الرّاغبة في إنتاج الكهرباء من الطاقة النوويّــة. وهذا أحد التحدّيات في القرن الواحد والعشرين.

الانـدمــاج الـنـووي

يجب أن لا نخلط بين الاندماج النوويّ والانشطار : ففي الانشطار نكسّر وأمّا في الاندماج فنجمع. والاندماج يعني أن نجمع نُوى لنصنعَ منها نواةً أكبر. ويمكن اعتباره نظريًا هو الطريقة الأنظف والأنجع والأقرب إلى الطبيعة لإنتاج الطاقة، وبإحلاله تنتفي مشكلةُ المقدّرات ومشكلةُ النفايات لأنّه يستعمل الهيدروجين المركّــب الجوهري لجزيء الماء (H_2O) التي تتكوّن منها المحيطات. والنّــفاية التي ينتجها الاندماج هي الهليوم وهو غاز نادر محايد. وفي هذا الزّمن الذي يُعدّ فيه كلّ شيء طبيعيّ حسنا بالضّرورة ألا يكون الاندماجُ هو سيّد النشاطات الطبيعية لأنّــه هو مصدر طاقة الشمس ذاتها ؟ هذه الطاقة التي أغدقت بها علينا عبر الأحقاب الجيولوجيّــة والتي نبذّرها بدون حساب.

وفعلا تنطلق الشمسُ من أبسط ذرّة وهي الهيدروجين التي تتركّب نواتها من بروتون واحد. وتجتهد للجمع بين ذرّتين. وتكوّن منهما مركّــبا كيمياويّــا جديدا، هو الهليوم. وهذه العملية تنتج كميّــة هائلة من الطاقة يتخلّــص منها هذا النجمُ بإرسالها في الفضاء على شكل أشعّة، وهي التي تضيؤنا.

ولكنّ المسألة ليست بسيطة لأنّ هذه العملية معقّدة ولا يمكن للتفاعلات النّـوويّة أن تحدث إلاّ إذا توفرت حرارة مرتفعة جدّا. وهي التي تمكّن الإنسان من توفيرها حين أنجز القنبلة الهيدروجينية. وهي أفظع سلاح أنتجته البشريّة. ولكنّه لم يفلح في تدجين ظاهرة الاندماج لصنع مفاعل نوويّ من نوع جديد.

وإنتاجُ الكهرباء بالاندماج النوويّ هو الحلّ المثالي لأنّ العملية لا تخلّف نفايات مشعّة.ويمكن عندئذ سدُّ حاجة فرنسا من الكهرباء بعدد من المركزيّات يكون أصغر بعشرة أو عشرين مرّة من عددها الحاليّ. إلاّ أنّنا في مستوى التكنولوجيا الحالي لسنا قادرين على تحقيق الاندماج المدجّن الذي لن يحصل على ما أظنّ إلاّ في أواخر القرن الواحد والعشرين. وسيصبح عندئذ مصدرا للطاقة قابلا للاستغلال.

صحيح أنّ البحث متواصل منذ 40 سنة. وصحيح أنّ المفاعل الأوروبي ذا الضّغط الجوّي العادي تمّت إقامته في فرنسا. إلاّ أنّه ما من شيء يشير إلى قرب الانتصار على هذا التحدّي.

الطاقات "الطّبيعيّة"

تشمل هذه التّسمية استعمال طاقة الرّيح أو الأمواج أو الأنهار أو الشّمس أو باطن الأرض. وبعضُ هذه الأنواع محبّذة جدّا عند أنصار البيئة، لأنّها لا تلوّث وتكلفتُها منخفضة جدّا (باستثناء بناء البُنى التحتية). لا ربح إذن إلاّ مع الطبيعة !.

◆ **الطاقة المائية** : وهي تنتج اليوم 13 % من الكهرباء العالمي والظروفُ المائية في الأنهار عبر العالم تشير إلى أنّنا لا نستغلّ اليوم إلا 10 % من الإمكانات في هذا المجال وخاصة في إفريقيا وأمريكا الجنوبية وجنوب شرقي آسيا ممّا يعني أنّ مقدّراتنا من الطّاقة الكهربائية المائيّة هامّة جدّا ولكنّها لسوء الحظّ تصطدم

بمعارضة أنصار البيئة. وهي معارضة غير معقولة، وحجّتهم أنّ ذلك يمنع سمك السّلمون من السباحة نحو عالية النـهر وفي ذلك ما يمنع هذه الثروة من النموّ. ومن حسن حظّ إفريقيا وأمريكا الجنوبية أنْ لا قوّة فيها للحركات البيئيـة. ويمتاز إنتاجُ هذه الطاقة باعتماد السّدود الصّغيرة بخلوّه من كلّ ضرر. فهو النـفعُ الخالص. وأمّا الاستناد إلى كتلة السدود العملاقة كتلك التي تبنيها تركيا و الصين فيجّر إلى إغراق مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية و الأراضي السكنية والأحسن تجنُّبُ هذا الإختيار لتفادي ما فيه من الأضرار

◆ **طاقة الرياح** : لهذه الطاقة اليوم شعبية كبيرة لا نعرف سببها. و لا ننكر أنها تنتج الكهرباء بكيفية متقطعة و لكن طابعها البيئي قابل للنقاش من ذلك أن صنع النواعير يتطلب الكثير من الطاقة علاوة على أنها تفسد وجه الطبيعة. وأمّا عن بنائها في البحر فهو يتطلب بنية تحتية مرتفعة التكاليف ولذلك فليس من الغريب أن تظهر اليوم حركات قوية تعارض إنشاء النواعير. و إليها ضم فاليري جيسكار دستان صوته. و أظن أن المحرّك الهوائي كان موضة ظهرت بسرعة وبسرعة ستزول بعد أن نكون قد وضعنا فيها الكثير من المال والكثير من الأوهام أيضا.

◆ **طاقة الأمواج** : سيبقى الحصول على هذه الطاقة هدفا خالدا. و لذلك فهي تستحق أن نخصّص لها جزءا من البحوث و أن نرصد لها الإعتمادات اللازمة. و على الباحثين أن يحوّلوا مبادئ هذه الطاقة إلى نتائج عمليّة قابلة للإستغلال.

◆ **طاقة حرارة الأرض** : و هي تشمل ثلاثة أنواع من الإستعمال : هي الطاقة العالية التي تستعمل ماء البراكين الحار لتزوّد به التربينات التي ستنتج الكهرباء. وهذه الطريقة هي المستغلة حاليا في إزلندا و زيلندا الجديدة و هاواي وإيطاليا والقوادلوب. و بإمكان مناطق بركانية كثيرة أخرى أن تلجأ إلى هذا المصدر

للطاقة. ومنها السلسلة الجبلية في غرب أمريكا من الألسكا إلى أرض النار ومن كندا إلى الشيلي و منها أيضا جزر الأنتيي Antilles و ريونيون Réunion وأندونيسيا والفلبين. و أما الطاقة الثانية فهي **الطاقة المنخفضة** و تتمثل في استعمال المياه الحارة الموجودة في باطن الأرض لتدفئة العمارات و المنازل و تتراوح حرارتها بين 20°C و 60°C [79] و هي محّل استغلال في الكثير من الأحواض الترسّبية. وتأتي أخيرا **الطاقة الجافة** و تتمثّل في تكسير الصخور في باطن الأرض ثمّ حقنها بالماء انطلاقا من السطح و ترقّب أن تسخن قبل استعادتها.وهذه الطريقة أنيقة مغرية على المستوى النظري. و لكن تجريبها لمدّة عشرين سنة يشير إلى أنه من العسير أن تتحول إلى مصدر جدّي للطاقة

◆ **الطاقة الشمسية** : هي من الحلول المطروحة منذ زمن طويل. و قد قلنا مرارا و تكرارا أن كوكبنا يتلقى من الشمس كمية من الطاقة أكبر 15.000 مرة من الطاقة التي يستهلكها. و لكن ذلك لم يمكنا من التقدم في هذا المجال. والمشكلة في الطاقة الشمسية أنها مشتّتة جدا و لا نعرف تبئيرها بكيفية ناجعة حتى نسخّرها لتشغيل محطات توليد الكهرباء. و إن كنا نعرف بكيفية جيدة كيف نصنع الكهرباء انطلاقا من الخلايا الضوفولتية و كيف نوزّعها على العمارات والمنازل والمصانع للتدفئة و يتراوح اليوم مردود هذه الخلايا بين 5 و 10 %. و تبقى تكلفتها مرتفعة. ولكن البحوث تحقق تقدما سريعا و ستوفّر لنا في القريب العاجل خلايا أكثر فاعلية و أقل تكلفة.

79 - يجري التنقيب اليوم في الحوض الباريسي على عمق 1800 م لتدفئة 10000 مسكن باستعمال ما نسميه مستوعب دجّار للماء (Dogger).

آفـاق الـطاقة غير المـتنقلة في الـقرن الـواحد و الـعشريـن :

انطلاقا من 2050 لن يقع استعمال البترول لإنتاج الكهرباء الموزّع على الناس. و المتوقّع أن يتم إنتاجه بواسطة الفحم و الغاز. بنسبة 50 % و النووي بنسبة 25 % و طاقة الماء و حرارة الأرض بنسبة 25 %. ومقابل ذلك نتوقع أن تنخفض نفقات التدفئة بنسبة 30 % إلى 40 %. و أن يتم إنتاج هذه الحرارة بنسَبٍ متساوية بين الغاز والفحم و الكهرباء. و أما المصدر الجديد للطاقة فسيكون الاقتصاد في الطاقة ذاته.

الإقـتصـاد في الـطاقـة

نرجح أن يكون هذا القطاع هو الذي سيشهد أهمّ التطورات التقنية و أنجعها. و نحن قادرون منذ الآن على بناء عمارات و منازل فردية لها اكتفاؤها الذاتي الطّاقي تقريبا. و حسبنا الإجتهادُ في العزل وبعضٌ من حرارة الأرض و كميةٌ من الخلايا الضّوفُلتيّة. فذلك يكفي للتدفئة (أو للتكييف) وإنتاج الكهرباء المنزلي و ستبقى المواد مرتفعة الثمن لمدّة من الزمن. و لكنها ستنخفض بسرعة بعد ذلك.

ووجه الإشكال في هذه التكنولوجيات هو أنها لا تناسب البلدان النامية، و أما في البلدان المتطورة فإن تعويض الرصيد العقاري الثابت بمبان جديدة سيحتاج إلى وقت طويل قد يبلغ قرنا ؟

الـمفـاجـآت الـسّارة الـممكـنة

ربّما يحظى القرن الواحد و العشرون بميلاد مُوصلات فائقة في حرارة عادية أو على الأقل قريبة من حرارة التجمّد و عندئذ سيكون تخزين الكهرباء ممكنا. و نستطيع إنتاجه بالطاقة النووية أو الشمسية أو الهوائية ثم تخزينه في حلقات ضخمة. و في ذلك ما يدفع حتما إلى وضع إستراتيجية جديدة في إنتاج الكهرباء.

و من المفاجآت السارة الأخرى النجاح في تدجين الإندماج النووي و به ستتوفر لنا طاقة لا حدّ لها و لا تلويث فيها.و لا بد من متابعة البحث في هذين الإتجاهين و رصد بعض الأموال لهما و إن عددناهما اليوم من باب الحلم.

الطّاقة المتنقّلة

في مستوى العالم و على مدى خمسين أو ستين سنة أخرى سيبقى النفط هو مصدر الطاقة المتنقلة الرئيسي. وللإستهلاك في هذا المجال ثلاثة أنواع : السيارة و الباخرة و الطائرة (أمّا القطار فسيكون كهربائيا و سيستعمل بالتالي طاقة غيرمتنقلة).

و لنبدأ بالسيارة و لنستفدْ من الموضة البيئية (التي تستحق أن نشجعها في هذا المجال). ويخصّ السؤال الأول مدى سرعة تطور البدائل عن السيارة العاملة بالبنزين أو بالمازوط. و لذلك فسنستعرض الحلول الممكنة اليوم.

السّيارة الهيدروجينية

الفكرة الأساسية في هذه التكنولوجيا بسيطة. و تتمثل في أن ذرات الأكسجين و الهيدروجين تأتلف في ظروف معيّنة لتكوّن جزيئات الماء و تطلق أثناء ذلك طاقة كبيرة، و الهدف هو أن نسعى إلى تركيب الماء لإنتاج الطاقة و أن تكون «النفاية» الوحيدة الناجمة عن ذلك هي الماء. و هكذا نسلم من التلوّث و يمكن تحقيق هذه العملية بطريقتين بواسطة محرّك انفجاري أو بطارية مستعملة للمحروقات، والتقنية الثانية هي الأفضل لأن مردودها أعلى.

و نعرف اليوم كيف نصنع محرّكات ذات بطاريات تعمل بالهيدروجين. و لنا بعدُ عدد من السيارات التجريبية و هي تعمل بكيفية جيدة.ولا بدّ لنشر

هذه التكنولوجيا على نطاق واسع من تجاوز الصعوبات الثلاثة التالية : إنتاج الهيدروجين ثم توزيعه و خزنه و ضمان السلامة.

و تتجسم إحدى طرق إنتاج هذا الغاز في التحليل الكهربائي للماء و هي طريقة مجدية و لكنها تحتاج إلى الطاقة الكهربائية.

و توجَد طرق أخرى أكثر طرافة و تتمثل في الإستعانة بالكائنات الحية كالبكتيريا أو النباتات التي تستعمل الطاقة الشمسية لتفكيك جزيئات الماء. و أمّا المقاربة الأخيرة فتتعلق بالبحث عن مصادر الهيدروجين الطبيعية. و هي موجودة و لكننا لم نضع قائمة فيها حتى الآن. و كل شيء يدفع إلى الإعتقاد في أننا من الآن إلى نهاية القرن الواحد و العشرين سنكون قد وجدنا الحل لمشكل إنتاج الهيدروجين. إلا أن ذلك لن يكون قبل 2050 حسب رأيي.

و يجسم توزيع الهيدروجين مشكلة أعسر بكثير لأن هذا الغاز له طاقة انفجارية عالية. وتحويلُه إلى سائل يستهلك كمية هامة من الطاقة. و من الحلول المقترحة أن تنتج كلُّ محطّة توزيع غازها بنفسها باعتماد وحدات إنتاج بالتحليل الكهربائي. ولكن هاجس الأمن و السلامة مازال مطروحا.

بقي التخزين : التخزين بالجملة والتخزين في السيارات. و لنا حل آمن للتخزين و يتجسّم في البَلاَدْيُوم و هو معدن يمتاز بقدرته العالية على التشرّب بالهيدروجين ومن سوء الحظّ أن هذا المعدن (القريب من البلاتين) نادر و باهظ الثمن و مقدراتنا منه محدودة. و لا نميل في الظروف الحالية إلى توسيع استعمالنا لهذه التقنية. و يعمل المختصون على صنع مواد مركبة ذات مسامّ تكون لها نفس خصائص البلاديوم. والطابع الانفجاري لهذا الغاز هو الذي يحتّم كل هذه الجهود، أضف إلى ذلك أنّه يحتاج حين يكون في حالة غازية إلى سعة أهم لأن كتلته الجزيئية لا

تتعدّى اثنين و إن أردنا تخزينه بدون خلطه بغيره وجب ضغطُه لتحويله إلى سائل وهو يحتاج حتى في هذه الحالة إلى سعة كبيرة. و كل هذه العمليات ممكنة و لكنها ستكلّفنا طاقة مرتفعة، و لذلك نميل إلى البحث عن بدائل أضمن للسلامة وأقل طلبا للطاقة.

و من البيّن في هذا الشأن أن الهيدروجين سيكون أيسر استعمالا في الشاحنات الكبيرة والبواخر لأنها تتسع للخزانات الضخمة و يمكن أن يضطلع بضمان السلامة فيها أهلُ الإختصاص، و كل ذلك يعسر تحقيقه في السيارات الصغيرة.

و السيارة الهيدروجينية لا احتراز عليها من الناحية النظرية. و الإعتراضات الوحيدة تخصّ الجانب العلمي و قد قرر «شورازنيجير» Schwarzenegger والي كاليفورنيا أن يجعل من هذه الولاية مخبرا للسيارة الهيدروجينية. و هناك توجد أحسن الجامعات و أحسن المصانع و كل الكفاءات العلمية و التكنولوجية لاستغلال هذا النّوع من الطّاقة. فلنترك كاليفورنيا تعمل، و حين يحل الأوان سنستخلص من ذلك الخلاصات و النتائج و أرجو أن لا أكون قد بالغت في التفاؤل !

المحروقات الحيوية

فكرة استخراج المحروقات من النباتات، فكرة قديمة، و الجديد فيها هو تنظيرها و تحوّلُها إلى موضة بسبب قضية ثاني أكسيد الكربون و ظاهرة الإحتباس الحراري، و يبدو أن هذه المحروقات لن تزيد في كمية هذا الغاز.

و تمثل هذه المحروقات الحيوية خطأ فادحا بالنظر إلى حالة الإقتصاد العالمي اليوم، فأسعارها مرتفعة و مردودها الطاقي ضعيف في جملته. و هي تستعمل

أراضي فلاحية على حساب الفلاحة الغذائية. و تتسبّب في ارتفاع أسعار الموادّ الفلاحية إلى حدّ أننا رأينا الأطفال في المكسيك يموتون جوعا لأن منتجي الذرة فظّلوا بيعها لمصانع المحروقات الحيوية !

و قد قيل لنا في هذا الشأن أنه سيتم صنع نباتات جديدة معدّلة وراثيًا وسيكون لها مردود أحسن، أو أنه سيقع استعمال الفواضل الفلاحية و الغابية. و لا شك في أن استغلال الطاقة الشمسية الحالية من خلال النباتات لتعويض الطاقة الشمسية العضوية المخزّنة في النباتات الأحفوريّة هو فكرة مُغرية على المستوى الذهني، وهو بمثابة بعث في الوقت الحاضر للعملية الأساسية التي أنجبت لنا البترول والفحم الحجري.

و هذا الحل مُغر أيضا لأنه ليست له انعكاسات على مسألة ثاني أكسيد الكربون، و لكنني لست مقتنعا بأن هذه المحروقات الحيوية ستحظى بإنتاج واسع و مكثّف لسبب بسيط وهو أن تزايد عدد السكان في العالم سيجعلنا في حاجة غدا إلى كل المساحات الصالحة لإنتاج المواد الفلاحية الغذائية، وتخصيصُ هذه الأراضي لإنتاج المحروقات الحيوية ليس الحل الحكيم لمواجهة الحاجة المتزايدة إلى المواد الغذائية.

السّيارة الكهربائية أو السّيارة الهجينة

أظنّ أنّ القرن الواحد و العشرين سيتميّز باستعماله المكثّف للكهرباء لتزويد السيارات بالطاقة، وتوجد اليوم تقنيتان متنافستان : السيارة التي تعمل بالكهرباء فقط أو السيارة الهجينة. وفي الحالة الأولى تستمدّ السيارة الكهرباء من بطارية تُشحَنُ بكيفية خارجية، أما السيارة الثانية فتجمع بين الكهرباء و الطاقة الناتجة عن

البنزين و لها محرّكان : محرك انفجاري و محرك كهربائي. و المحرك الكهربائي ذو البطارية المعتمدة على الليثيوم المؤيّن أو الليثيوم النظير جاهز بعدُ، و ما يعوق تطوّر السيارة الكهربائية إنما يكمن في طاقة البطاريات التخزينية و وزنها و ثمنها. و قد تمكّن المختصّون من صنع بطاريات تضمن للسيارة استقلالا بمسافة 250 كيلومترا و بسرعة قصوى تساوي 100 كلم في الساعة.والقضية بالتالي قضيةُ أسعار و إنتاج و قضية مقدّرات العالم من الليثيوم القابلة للاستغلال. وشيئا فشيئا وانطلاقا من (2010-2015) ستفرض السيارة الكهربائية نفسها (ومعها الحافلات الكهربائية) في كبريات المدن في العالم.

والمحرّك الهجين جاهز هو الآخر، و قد تمّ تسويقه في السّيارة المشهورة «بوبوس-تويوتا» وتنكبّ اليوم شركاتُ صناعة السيارات الفرنسية و الألمانية و اليابانية على دراسة العديد من المشاريع المماثلة، وفضلُ السيارة الهجينة هو أنها تمكننا من الاقتصاد في استهلاك البنزين مع التمادي في استعمال شبكة التوزيع الحالية، وليست لنا فيها مشكلة الشحن الخارجي للبطاريات.

ولا شك في أن التنافس سينطلق في ما بين السيارة الكهربائية و السيارة الهجينة، و ستكون نتيجةُ السباق رهنَ عوامل اقتصادية شتى كثمن الشراء وتكلفة الصيانة و التعهد (تجديد البطاريات) ونفقات التشغيل (سعر الكهرباء، سعر البنزين) و مسافة الإستقلال إلخ...

وازدهار السيارة الكهربائية مرتبط إلى حدّ كبير بتطوّر البطاريات. لأنها هي المتحكّمة في مسافة الاستقلال و في الأمن، و المطلوبُ فيها أن تكون سهلة الشحن و التعويض، والعيب اليوم في البطاريات ذات الأداء العالي هو غلاء ثمنها وضرورة تبديلها مرات عديدة في حياة السيارة، ولكنه ليس من المستبعد أن تطالعنا غدا

أجيالٌ جديدة من البطاريات تجمع بين قوة الأداء و انخفاض الأسعار بفضل تطور البحوث و التنافس التجاري!

وسيكون للجغرافيا أثرها في هذا السباق. من ذلك أن السيارة الكهربائية ستتلاءم مع أوروبا نظرا لقصَر المسافات في هذه القارة. أما في أمريكا الشمالية والجنوبية أو في آسيا فالمسافات كبيرة في أغلبها مما يتناسب أكثر مع السيارة الهجينة، وأرى أن السيارة الكهربائية هي التي ستنتصر في فرنسا وفي أوروبا، و قد لا يكون إلا إنتصارا وقتيا ريثما تظهر في أواسط القرن عربات هجينة تجمع هذه المرة بين الكهرباء و الهيدروجين، ونفقات التشغيل في هذه الحالة أقل و لن نحتاج إلى إعادة شحن البطاريات، والنسبة بين الهيدروجين و البطارية ستكون بواحد مقابل عشرة، و بالتالي ستكون مسألة التخزين والسلامة أبسط بكثير و لا بد من دفع الأبحاث إلى هذا الإتجاه.

الـبواخر : الـجمع بين الـنووي و الـهيدروجـيـن :

و أمّا المصدر الجديد الثالث للطاقة فهو النووي و يجب النظر إليه على أنه من قبيل الطاقة المتنقلة. و من البيّن أننا لا نفكر اليوم في صنع مفاعلات نووية منمنمة لاستغلالها في السيارات، ولكننا بدأنا نفكر في إمكانية استعمال النووي في النقل البحري خاصة ونحن نرى أن الغَواصات ذات الدفع النووي تعمل بكيفية جيّدة. و هي مرضية على المستوى الإقتصادي و الأمني ومحركاتها يمكن فورا استعمالها لبواخر النقل. و العراقيل في هذه الحالة نوعان العامل المالي و العامل النفسي.

وفي هذا الوقت الذي تطغى فيه الموضة البيئية التي تفتقر إلى المنطق في أغلب الأحيان لا أظن أن الرأي العام سيكون مستعدا لرؤية بواخر و ناقلات ضخمة

ذات محركات نووية تجوب البحار دون معارضتها. ونذكر في هذا الشأن الغواصات فهي تتنقل بعدُ عبر البحار و ما من حجة لها إلا أنها عسكرية. ولا شك في أن المحركات الهيدروجينية، خلافا للنّووي، سيقع قبولها بدون مشاكل تذكر، وفعلا يمكن على البواخر إيجاد الحلول المناسبة لتخزين الهيدروجين وضمان السلامة، ولا بد من إنتاج هذا الغاز أو من استخراجه من مواطنه. وأظن بالتالي أن بناء بواخر تعمل بالهيدروجين سيكون من صناعات المستقبل وأما العودة إلى الشراع في هذا المجال فلا شك في أنها دعوة فولكلورية هازلة، ولكنها يمكن أن تساهم في الملاحة الشاطئية، و البحوث جارية في هذه المجالات.

الطّائرات

هذه هي النقطة الأكثر سوادا في جدول مستقبل الطاقات، ولنقلْ بوضوح أنه لا توجَد اليوم بدائل جدّية عن استعمال الكيروزان في النقل الجوّي، والأدهى من ذلك أنه لاتوجد آفاق أو مساع أو بحوث نشيطة في هذا الإتجاه.

والمختصون يتحدثون كثيرا عن تعويض المحروقات الأحفورية بمحروقات حيوية، وتجري اليوم بعض التجارب في هذا الشأن ولكن ما بسطناه من احترازات وتحفّظات في موضوع السيارات يصحّ هنا أيضا.

ومن المؤسف أنّ الآفاق لم تَعُدْ من باب الإحتمال البعيد، وفعلا لن يكفّ سعر النقل الجوّي عن الإرتفاع بسبب أسعار النفط. ومن المحتمل في أواسط القرن الواحد والعشرين أن ترتفع الأسعار بضارب 3 أو 4 بالنسبة إلى الأسعار الحالية، ولا شكّ في أنه لن يكون لنا نقل جوّي في أواخر هذا القرن إن لم نبدأ منذ الآن في برامج بحث جسورة لتوفير تكنولوجيات جديدة أو لم نقرّر تخزين

احتياطي من النفط (وهو أمر مستبعد جدّا)، ولا شك في أن البقايا الهزيلة من النفط أو المحروقات الحيوية سيستأثر بها العسكريون. وهذا التهديد المتربّص بنا في أواخر القرن أكثر حدّة وأقوى احتمالا من ارتفاع درجات الحرارة الذي تشير إليه مجموعة المختصين الدوليين لدراسة المناخ.

مـــاذا يـخبئ لـنا الـمستقبل ؟

وما يمكن استخلاصه من هذا البحث الموجز هو أننا لن نشكو من نقص حادّ في الطاقة على المدى القريب ولن تعرف التكنولوجيا تراجعا يُذكر، بل نرى على عكس ذلك أن الانتقال إلى طرق أخرى لإنتاج الطاقة يمكن أن يكون عامل تنمية.

وأمّا على المستوى العلمي فالأمر ليس سهلا إلى هذا الحدّ نظرا لمشكلة الوقت، وأعني ضرورةَ أن نبادر بسرعة إلى تغيير استعمالاتنا للطاقة وإلا فستواجهنا أزمة خطيرة في حدود سنة 2080.

وسواء تعلّق الأمر بالبترول أو بالنووي أو بالفحم أو بالغاز فإنه من الضروري أن تحظى هذه القضايا بالأولوية في مناقشات نادي الدول الكبرى المصنّعة، نادي العشرين الجديد وأن تدفعَ إلى إحداث برامج بحث في الميادين التي ذكرناها و إلى الإقتصاد في الطاقة. فمتى سينعقد نادي العشرين للنظر في الطاقة خصيصا ؟ هذا النقاش لا غنى عنه، ويحسن أن لا نتصور أنه سيكون سهلا وأنه سيقدّم الحلّ لكل المشاكل لأن قلة الموارد ستزيد في تنافس الدول العظمى، وفرنسا ليست في وضع سيّئ بفضل اختيارها للنووي، والنووي هو الذي سيكون الحل الحكيم بالنسبة إلى كامل أوروبا وإن كان محلّ معارضة قوية في ألمانيا وبدرجة أقل حدّة في انجلترا، وأما البلدان الاسكندينافية فهي وإن انتصرت للحلول البيئية حافظت على مركزياتها النووية ولكنها ليست في وضع يسمح لها بزيادة عددها.

وفي كل الأحوال لابدّ لفرنسا بل لا بد لأوروبا من أن تكون الرائدة في الدراسات الساعية إلى إنشاء الجيل الرابع من المركزيات النووية. ففي ذلك ما يخفّف الضغط على مدّخرات العالم من الأورانيوم، وإلا ارتفع سعر الطاقة النووية، فهل ستفلح الحكومات الأوربية في الصمود لضغوط أنصار البيئة ؟ وبدون هذا الجيل الرابع من المركزيات سينزع الناس، حتى في أوروبا إلى استعمال الفحم و الغاز والبترول.

ومهما تكن الحال سنعرف فترة انتقالية ستكون عسيرة جدّا وستمتد في ما بين 2010 و2040.

ولنتصوّرْ أننا تمكنا غدا من صنع سيارة كهربائية أو هيدروجينية مرضية على كل المستويات ونعني الإستقلال و النظافة والسّعر والمرونة إلخ ... إنها السيارة التي نحلم بها فإلى كم من الوقت نحتاج لتعويض مجموع السيارات الفرنسية ؟

ومجرّد العوامل التقنية المتّصلة بالصنع والبيع تقتضي أن لا تقلّ المدّة عن 35 سنة ؟ ولا زلنا لم نصل تقنيا إلى هذه المرحلة. وستواجهنا نفس المشكلة بالنسبة إلى التدفئة ولن يبادر المواطن إلى التخلّي عن سخانه العامل بالمازوط واقتراض المال لجعل منزله حافظا للحرارة وتركيب ألواح شمسية ومضخّة للحرارة استجابة منه لداعي المحافظة على البيئة! وهذه الإجراءات التشجيعية مفيدة بل ضرورية ولكن الإنتقال رغم ذلك سيكون بطيئا وسيستغرق المرور إلى مجتمع ما بعد البترول قرنا من الزمن.

وأثناء ذلك ستقع أحداث اقتصادية عنيفة. ولنتصوّرُ بطلان التوقعات المناخية القائلة بارتفاع الحرارة وحلولَ عقد يتسم بقسوة الشتاء فيه. لا شك في أننا سننسى عندئذ القرارات الحكيمة الداعية إلى الطاقات الجديدة. ونظرا لكون النفط لا يزال موجودا بكميات مرضية ولميلنا إلى وضع توقعات متفائلة فإن الاقتصاد

المتقيدّ بالمدى القصير هو الذي سيسود من جديد، وما حدث بعد انعقاد نادي روما سيحدث من جديد. أعني أن الصين و الهند والبرازيل وكوريا و أفريقيا الجنوبية ستواصل نموّها باستعمال الفحم على نحو مكثّف، وأما أوروبا فستتمادى في نقاش هذه المسائل دون أن تتوصل إلى اتفاق في ما بينها. و أمّا أسعار البترول فسترتفع بحدّة و تدفع المنتجين إلى تنمية رساميلهم، وستكون وسائل الإعلام منشغلة بالحاضر الراهن بحيث تكتفي بتسجيل الوقائع دون السعي إلى استقرائها واستكشاف انعكاساتها. و قد كانت مع الموضة فناصرت البيئة، و ها هي تصبح اليوم مناصرة للإنتاج و الإنتاجية كما كانت من قبل، فلماذا نغيّر نموذجَ التطوّر؟ ولكن ها هو سعر البترول يتجاوز 300 دولار فجأة... و هـا هي الأحداث تَنْدَلع من جديد!

وبدل تعبئة أنفسنا لمواجهة التوقّعات المناخية التقريبية الهزيلة يجمل بنا تركيزُ جهودنا على المشاكل الطاقيّة المستقبلية التي لا سبيل إلى تجنّبها، و يمكن، إن انكببنا عليها منذ الآن، أن نتجنّب الكثير من المآسي! ولا بدّ لذلك من شجاعة، قد لا تتوفّـر لنا !

الفصل العاشر

المواصلات

«كلّما ازدادت وسائل الإتصال تطوّرا ازدادت ضيقا فسحة الوقت المتاح للإنسان.»

غاندي

نعني بالمواصلات نقل الأشخاص و البضائع ونقل المعلومات بالهاتف أو بالأنترناتت وتداول الصّوَر والمعارف والإعلام، و القرن العشرون هو الذي ازدهرت فيه المواصلات ازدهارا مذهلا.

ففي بدايته كانت رحلة الباخرة من فرنسا إلى نيويورك تستغرق أسبوعا، وانطلاقا من السبعينات لم تعُد طائرة الكونكورد تحتاج إلا إلى 3 ساعات ونصف، أي إلى مدّة أصغر بأربعين مرّة، وكان قطع المسافة بين باريس ومرسيليا يتطلب حوالي سنة 1900 يوما ونصفا، وانخفض هذا الوقت اليوم إلى 3 ساعات، أي أنه أصغر بعشرة مرات، وتعود السرعة في المواصلات إلى التقدم التقني الذي تحقّق في القطارات والطائرات ولكنها تعود كذلك إلى سعر الطاقة المنخفض وفعلا عرفت أسعار النّفط

والكهرباء إنخفاضا كبيرا جدًّا طيلة ذاك القرن، ومن أوّل المستفيدين من ذلك نقل البضائع. والعنصر الرئيسي الذي يسّر عولمة البضائع هو سعر نقلها المنخفض إلى حدّ أنه لا يمثل إلا نسبة ضعيفة جدًّا من ثمن البضائع الصناعية أو الكيميائية أو الفلاحية أو المنسوجات. ونتيجة لذلك ارتفعت المنافسة إلى المستوى العالمي، وحين نستورد في فرنسا الموز وثمر المانجا فلعَدَم وجودهما عندنا، وأمّا استيرادنا للدجاج و البطاطا وكراسي المطبخ فيعود إلى كونَ ثمن تكلفتها في البلاد المصدّرة لها أقل منه عندنا، ولا نراعي في ذلك لا الظروفَ الإجتماعية والسياسية ولا ظروف الإنتاج في البلد المنتج. ومفهومُ التبادل العادل بقي منذ زمن طويل حكرا على المفكّرين المثاليين من أمثالي.

وقد اضطلعت المعاليم القمرقية لزمن طويل بتعديل هذه الفوارق و التباينات، ولكن الهاجس الإقتصادي اللامحدود الذي طغى على النصف الثاني من القرن أسقط الحواجز القمرقيّة (والحاجز في الفرنسية له معنيان فهو العائق والمانع وهو أيضا الحامي). ونظرا لضآلة سعر النقل تعدّى تبادل السلع الحدود الطبيعية التي كان من المفترض أن يفرضها النّقلُ. و المنطق يقضي بأن يرتفع السعر كلّما كانت المسافة أبعد، وذلك ليس صحيحا لأن سعر النقل لا يمثل شيئا تقريبا. وسعر بيع بضاعة ما بالتالي إنما يحدّده سعر التكلفة المحلي، تلك هي الخاصية الجوهرية لما نسمّيه العولمة.

وهذا العهد كان كذلك عهدَ التواصل، عهد تداول المعلومات و انتصابُ العولمة إنما يعود إلى تطوُّر الأقمار الصناعية و ازدهار الإعلامية وظهور الأنترنات، واليوم وبفضل الهاتف الجوّال يمكن التواصل بكيفية فورية ومن كل مكان وفي كل زمان، و المعلومات التي تقدمها لنا التلفزة عالمية، والنظام البنكي عالمي،

والإجرام نفسه أصبح عالميا. ولم تكُفّ وسائل التواصل عن التحسن، وما انفكت الأسعار تنخفضْ وامتاز النصف الأول من القرن بانتشار الراديو والهاتف، وبعد الحرب العالمية الثانية ظهرت التلفزة وفي أواخر القرن طغت التلفزة المتنقلة والهاتف الجوال، و الأنترنت هي الرمز لهذا التواصل في كلّ أشكاله ومستوياته.

وقد لا تذهب مذهبي في اعتقادي أنّ القرن الواحد والعشرين ستشهد فيه هذه الحركة بعض التقلُّص.

لقد توسّع الكون وتمطّط. والآن سينقبض و يضيق، والمنطقة والقارّة هما اللتان ستكونان المرجع من بعض الوجوه. والأسفار ستنقص نتيجة لعوامل عديدة، منها أنّ النقل الجوي سيكون غاليا جدّا لأنّ الطائرة ستكون هي المستعمل الأساسي للبترول. ولذلك ستُوظّف على هذا النقل أداءات مرتفعة، وستشتدّ مقاومة الهجرة وستكون حرية السفر محدودة، وستتقارب أسعار التكلفة لمختلف المنتجات نتيجة للتطّور الإجتماعي المؤمّل والحتمي في القوى الإقتصادية الجديدة، مما سيجعل النقل على مسافات بعيدة غير مجد من الناحية الإقتصادية، وبفضل تطوّر التقنيات الفلاحية بما فيها النباتات المحوّرة جينيّا سيكون بوسعنا أن نزرع أيّ نبتة نشاء في أيّ مكان نشاء، ولذلك سيتقلّص حجم المبادلات التجارية. وأما نقل البضائع على مسافات بعيدة فسيكون بالبواخر (وستعرف القنوات عهدا مجيدا من جديد) أو بالسّكك الحديدية، وسيقتصر استعمال الشاحنات على المسافات القصيرة، وأرى خلافا للرأي السائد ، أننا نتّجه إلى عهد سنَنْشدُّ فيه إلى المنطقة أو لنقْل إلى القارة مّما سيحدُّ من العولمة. ولن يسعى المختصون إلى التَرفيع في سرعة النّقل لأنّنا لن ننقل إلا الضروري.

وأمّا الإعلامية فسنبلغ فيها مستوى معيّنا، ومن الثّابت أنّ الطاقة الحسابية والسّرعة في الحواسيب ستتماديان في الارتفاع و سيتواصل العمل على نمنمة الحواسيب أكثر فأكثر بالاستناد إلى التكنولوجيات النّانويّة والبصريات الإلكترونية. وسنكون قد مررنا من مرحلة الآلات المتعدّدة الوظائف التي تكون في نفس الآن حاسوبا وتلفازا وراديو وتمتاز بكونها متنقلة وسهلة الاستعمال إلى آلات متخصّصة منخفضة الثمن. و نتوقع أن تكون الحواسيب أدقّ و أيسر استعمالا بفضل التكنولوجيا النّانويّة. و من الطبيعي أن لا يتراجع انتشارها، بل أنها على عكس ذلك ستكون في كل مكان، في السيارات والمصانع والكائنات الآلية المنزلية، وستكون مشاكل العطب أو الخلل أو الحادث مدعاة لبالغ الإهتمام. لأنّ تعطّبَ حاسوب مركزي يمكنه أن يدمّر اقتصاد بلد كامل في بعض الساعات. وسيحتاط المختصون لذلك بوضع الكثير من أنظمة النجدة و الحدّ القانوني من استعمال بعض الحواسيب على أن يكون المقياس الجوهري في ذلك هو الأمان. ولهذا فإن تصميم حواسيب الغد لن يكون على أساس البرمجيّة (جزء منه سيكون آليا) فقط بل وكذلك على أساس الحدّ من العطب واكتشافه و إصلاحه بسرعة، ولتحقيق ذلك سيعمل المختصّون على قسمة المعلومات في هذه الحواسيب إلى حزمات ومعالجتها متزامنة، متوازية وقضية الإستعمال الأمن ستكون مبسوطة كذلك في العلاقات مع الواقع. وقد أَثَرناها في خصوص البرمجيّات التي كُتبت للبنوك وتلك التي كُتبت للمناخ. ولا شك في أنها ستبسط في مستوى كلّ مظاهر الحياة الإقتصادية. و مهما تكن الحال سيبقى الحاسوب الدعامة الأساسية لمجتمعاتنا وسنكون قد وصلنا إلى سنّ النضج.

وفي القرن الواحد و العشرين سيصبح واضعو البرمجيّات هم سادة العالم لأن الآلة ليست هامة، الهام ما نضعه داخلها، وهذه هي الفكرة التي انطلق منها «بيل غايت» فأصبح أغنى إنسان في العالم، بل إنه يمكن أن نقول تقريبا إنهُ هو الذي اِخترع العالم الإفتراضي الذي يعيش فيه اليوم ملايين من الرجال و النساء، وهم جالسون أمام الحاسوب في منازلهم أو في نواديهم ليعيشوا حياة افتراضية، ولهم وظيفة و أطفال اِفتراضيون أحيانا وهم أغنياء و يسافرون عبر العالم و لهم أصدقاء وأعداء يغالبونهم. وفي زمن ما، كانت هذه البرمجيّات التي تسمّى بالألعاب التلفزية حتميّة إلى حدّ أنه يمكن منطقا التكهّن بتطوراتها، أمّا اليوم فقد أضحت احتمالية وموزّعة على عدّة مستويات مترابطة وتتبادل الوضعيات في ما بينها، ويمكنها غدا بفضل البرمجة الذاتية أن تتنوع كما تشاء. إنّ العالم الإفتراضي لمُقْبل على تطوّر كبير.

وحين ستصبح الأسفار غالية جدّا لن ينتبه إليها كثير من الناس لأنهم سيكونون منصرفين في منازلهم إلى الأسفار عبر العالم الإفتراضي، وما يبسطه عليهم من صور ذات 3 أبعاد ستبهرهم وتبدو لهم أروع من العالم الواقعي، والنزعة التي ما تنفك تبرز اليوم في الإعلامية هي البرمجة الآلية بحيث يمكن بالإنطلاق من بنك للوضعيات واعتماد عملية تركيبية بسيطة مع إجراء بعض التعديلات (ربما يبقى القيام بها موكولا إلى الإنسان) يمكن بناء عدد لا يحصى من البرمجيّات لما نسمّيه بألعاب الفيديو أو ألعاب الأسفار، وسيكون بعض الناس عندئذ عبيدا للآلة حقّا، والأدهى أن ذلك سيكون باسم الحرية والحق في فعل كلّ شيء بدون رقابة! وهذه السيناريوات ليست من باب الخيال العلمي في شيء، فهي تكاد تكون اليوم واقعا فعليّا.

وهكذا سيُتاح للكثير من النساء و الرجال تحقيقُ أحلامهم وهلْوَساتهم في المجال الإفتراضي، وهي أحلام العظمة والثروة و أحلام الجنس طبعا، وسيكون الإنسان الآلي هو السند في ذلك.

وكثيرون غيري ندّدوا مثلي وأحسن مني بالشطط في الأنترنت كشبكات اللّواط مع الأطفال والتنظيم الدقيق ليوم 11 سبتمبر ونقل الأموال الإلكترونية إلى جميع أرجاء العالم و المحاكاة والقرصنة الخ...

وعلى عكس ذلك لا نتحدّث إلاّ قليلا عمّا لا يقلّ أهمية في نظري عمّا تقدّم، وأعني عزلة الإنسان الناجمة عن تطوّر وسائل التواصل. و هاكم مثالين من بين آلاف الأمثلة :

في المخبر الذي أدرته طيلة 30 سنة و الذي أعيش فيه كباحث يتواصل الطلبة والباحثون بواسطة الأنترنات والحال انه لا يفصل بينهم إلا مكتبان، إنهم ما عادوا يبذلون الجهد للتّلاقي والحديث. لقد زال التآخي و زال معه العمل الجماعي، والجميع منشغلون أكثر مما يجب بالمطالعة و الإجابة عن الرسائل الإلكترونية وتصفّح هذا المقال أو ذاك وإن كان ذا أهمية ثانوية.

ويتعّلق المثال الثاني بأسرة تقصُد مطعما للأكلات السريعة : وضع كلّ من الأمّ و الأب الهاتف على الأذن، وبعد أن طلبا من النادل ما يريدان أكله جلسا، أمّا الإبنة فقد سارعت إلى هاتفها وركّبت عددا، وأما الإبن فقد شعر إلى حدّ ما بوحدته لأن حديث والديه في الهاتف مازال متواصلا، فبادر هو الآخر إلى هاتفه يستعمله. وطيلة الأكل لم يتخلّ أي منهم عن الحديث عبر الهاتف.

وقد حدّثني بعض الأصدقاء من الأساتذة أنهم يشاهدون نفس الوضع في معاهدهم أثناء الراحة، فالتلاميذ ما عادوا يلعبون، وإنما يُتَلْفِنون.

وما كان بالإمكان بناء نظام مالي يعمل بكمية من المال أكبر بعشرة مرّات من حجم الإقتصاد الفعلي بدون هذه البرمجيات وهذه الصلات التي لا رقابة عليها والتي تُيَسّر المعاملات على مستوى الثانية ! أليس ذلك شاهدا على هذه السياسة المالية التي تعمل على نطاق واسع في عالم افتراضي ؟ وقد ندّدنا آنفا بشطط البرمجيات في علوم الطبيعة حيث قام الإفتراضي مقام الواقعي. وكذلك فعل الإقتصادي الإفتراضي. فقد قضى على الإقتصاد الواقعي. فهل سنَقبَل أن يتوسّع العالم الإفتراضي إلى اللانهاية ؟ و الإعلاميةُ حسب رأي مؤسسها «نربارفينير» R. Wiener هي على عكس ذلك علمُ حسن الإدارة وحسن الرقابة. وما نراه من توسّع الإعلامية اليوم يذهب في عكس هذا الإتجاه.

وما من مهمّة أدعى إلى الشكّ من التفكير في إمكانية تجنّب هذا الإنحراف لأنه يتطلّب ضبط سوق المعلومات ومراقبةَ الأسواق المالية والإقتصاد العالمي، وكلّ الناس سواء كانوا من اليمين أو من اليسار يطالبون اليوم بهذا الضبط أو هذا التعديل، ولكن هذا اللفظ يبقى خاويا فارغا إن لم نقترح كيفية التعديل وبأية طريقة سيقع وما هي المؤسسة التي يمكن تكليفها بذلك.

وأظنّ أن إرادة التعديل والضبط لن تعبّر عن نفسها تعبيرا فعليا إلاّ من خلال فعل قويّ. كأنّ نقرّر مثلا مراقبة أنترنات. وحالما نطلق كلمة المراقبة نراها تصطدم وجها لوجه بلفظ الحرية : لأن الانترنات هي في أصلها فضاء حريّة فكيف تجوز مراقبته ؟ والناس متفقون على أن لا تتسع الأنترنات للصُّور الجنسية و اللّواط الواقع على الأطفال والدعوة إلى العنف والتَهريب بجميع أنواعه و العملة الإلكترنية،

ولكنهم حالما يسمعون الحديث عن مراقبة أنترنات يهبوّن بعنف لمقاومة هذا القرار الذي يعرّفونه على أنه قتل للحريّة، إلا أنه لا يمكن أن نتمادى في غضّ النظر عن نسخ الأفلام والموسيقى و الكتب باسم الحرية ونحن بهذه التعلّة نشجّع الكسالى و الخاملين على حساب من يبدعون ويخترعون. وتحت غطاء الحرية نقتل الإبتكار ونشجّع على السرقة والحال أن المؤلّفين و المجدّدين هم الّذين يجب مكافأتهم. والحقّ أن أنترنات تيسّر للمرء أن يكون على اتصال بالثقافة والإعلام والموسيقى والعوالم البعيدة، وقد لا يتاح له ذلك بدونها. ولذلك فليس من المعقول أن نراقب كلّ شيء، ولا بدّ من أن نجد التوازن اللازم في كل ذلك لأن استعمال أنترنات عند الشباب يمكن أن يكون أداة تحرير أو أداة تكبيل ومصدر إلهام أو مصدر عقم وعمى إيديولوجي. من الضروري إذن الحفاظ على الجانب الإيجابي من أنترنات وجعله فضاء للحريّة الديمقراطية بدل تركه غابا للفوضى.

ولذلك أدعو إلى إقرار رقابة على الأنترنات حتى نحصّن مظاهره الإيجابية. وإن جاز لكل واحد منّا أن لا يهتمّ بغيره أصبح العالم غابا، وكذلك هي الحال أيضا مع الإيديولوجيا الداعية في المجال الإقتصادي إلى سيادة السوق ورفض الرقابة، وعليّ أن أقول من جديد أن المعلومة مفهوم فعليّ واقعيّ كالطاقة والمال والهواء والماء، ولذلك يجب أن تكون مثلها محلّ توجيه ومراقبة.

وقد كثر النقاش في هذه الأوقات الأخيرة في شأن السّوق. فقد نبّهتنا الأزمةُ المالية إلى عجز السوق عن ضبط نفسها بنفسها، وغُلاةُ الليبراليين هم وحدهم الذين يرون عكس ذلك. ولا يعني ذلك أنّ السوق أصلا سلبية إذ تبقى السوق الشريفة المستقيمة وسيلة طبيعية وعادلة لتنظيم المبادلات. ويجب أن تخضع الأنترنات لقانون السوق، سوق المعلومة على أن تكون سوقا عادلة، ويجمل بأهل

الـقرار أن لا يدّعوا أن ذلك مـستحيل تـقنيّا. وأؤكّـد أنّي لست من الـدعاة إلى مـنع الأنـترنـات !

وتطالعنا في هذا السياق قيمة أخرى تحتاج هي أيضا إلى أن نعيد فيها النظر وأعني المسؤولية. وغدا سيزدهر الطبّ عن بعد، الطبّ في المنزل و في مجتمعنا مجتمع المواصلات سيكون هذا الطبّ رمزا قويا. وبواسطته ستتمكّن من صنع لاقطات قادرة على قيس نبض القلب و ضغط الدمّ ونسبة الكولسترول و غيرها من التحاليل التي سيتم إرسالها فورا إلى الطّبيب الذي يستطيع عن بعد أن يعرف نوع المرض ويقترح الدواء المناسب. ولا شكّ في أن مجموعة التحاليل التي سيتيسّر غدا إجراؤها في المنزل أو في وحدات استقبال صحّية صغيرة سيرتفع عددها إلى حدّ كبير، وذلك لأن التقدّم الجامع بين التكنولوجيات النانويّة والتصوير الصغري والإعلاميّة سيكون مُطّردا متسارعا، وربّما يمكن استشارة حاسوب مركزي يقدّم تشخيصا أوّليا للمرض، ولن نذهب إلى الطّبيب، في منزله أو في المستشفى إلا مرّة واحدة في السنة باستثناء الحالات الطارئة الموجبة للزيارة، ومثل هذا النظام يضمن الحدّ من النفقات الصحيّة ومن الإقبال على الأطباء ويخفف الوطء على المـستشفـيـات. ومما سـيزيد في انـتـشار هذه الـتـقـنيـات أنّ نسـبة المـسنـين في المـجـتمع سـترتـفـع.

ولكنّ هذا الطبّ عن بعد سيبسط مشاكل خطيرة أوّلها أجر الطبيب الذي يفحص عن بعد ويليه أجور الذين يضعون برمجيّات بنوك المعطيات وهل سنتحمّل القرصنة الطبيّة التي ستسعى حتما إلى استغلال هذا الوضع مع كل ما في ذلك من المخاطر الحادّة (وقد تكون قاتلة عند بعضهم) ؟ ولا شكّ في أنّ قضيّة المسؤولية هي التي ستكون المشكل الشائك المستعصي على الحلّ، من ذلك أن

الحاسوب قد يتعطّب فيسوق إلى خطإ فمن سيكون المسؤول ؟ وسيضطرّ الطب إلى الإلتجاء أكثر فأكثر إلى القضاء الذي ستصادفه قضايا في منتهى التعقيد، وفي مجال طبّ الأعصاب ألن يعمَد بعضهم إلى التلاعب بالمرضى من بعيد ؟ وإن لم توضع قوانين لذلك ستجد هذه البرمجيّات طريقها إلى الأنترنات وسينتشر التطبيب الذاتي غير المراقب !

ورغم ذلك لا نتوقع التوقف الفوري لهذا الفيض من الأدوات التكنولوجية، إلاّ أنّ كلّ شيء في هذا الشأن يدلّ على أننا سنبلغ مستوى معيّنا قبل البدء في التراجع.

ومن القضايا الجوهرية التي ستواجه المواطنين غدا قضية قسمة الوقت الشخصي لأنّ كلّ المبتكرات في مجال المواصلات «تأكل» الكثير من الوقت، والشاب اليوم (سواء كان طالبا أم لا) لم يعد يجد الوقت لتثقيف نفسه، فهو موزّع بين بريده على الأنترنات وزيارة بعض المواقع على الشبكة العنكبوتية ومشاهدة البرامج التلفزية والإستماع إلى الموسيقى و المحادثات الهاتفية، وهكذا لن يجد الوقت للمطالعة أو للذهاب إلى المسرح أو إلى السينما أو لمجرّد الحلم أو حتى للحب (عند بعض الشباب) ونتيجة لذلك سيزول الحب وتنعدم الأخوّة والحياة نفسها سيطغى عليها الضجيج والحركة، فلن يبقى فيها من مكان للهدوء و الصّمت وسيجد الإنسان نفسه محاصرا بفيض من المعلومات العابرة ولن يجد متسعا من الوقت لا لفرزها ولا لهضمها.

وقد كتب «جون لويس سرفان شرايبار» J.L. Servan Schreiber كتابا عن تنظيم الوقت الشخصي، عرف رواجا واسعا، وكان ذلك منذ عدّة سنوات، وكان ذلك المؤلّف نذيرا. وفعلا سيصبح من الضروري أن نعلّم التلاميذ والطلبة

كيف ينظّمون وقتهم وفي هذا العهد الذي نعيشه أصبح طلب المزيد من السرعة هو الغاية العليا السرعة في وسائل النقل والسرعة في وسائل الإتصال. وساد الإعتقاد أنّ البطء حيثما كان يمثّل عائقا.

وكان رجال الإقتصاد يعتقدون أن التوازن لم يحصل. لأن المعلومة في السوق تنتقل ببطء وأن الإستشفاف المنطقي للتطوّرات القادمة لا يمكن أن يحدث بسبب بطء الإعلام. ولكن الواقع جعلنا نلمس عكس ذلك تماما. فها هي المعلومات تنتقل بين كافة أرجاء الأرض في سرعة الضوء. وها هي السّوق الباريسية على علم دقيق بما يجري في بورصة طوكيو أو بورصة نيويورك. ولكن هذا التسارع في انتقال المعلومات زاد في انخرام التوازنات، وجرّ إلى بروز ظاهرة الفوضى والإهتزازات في الأسواق. و الأزمة الماليةُ و ما أظهرته من مسؤولية الرهن العقاري وصناديق الاحتياط تجسّم مثلا لهذه الوضعيات القابلة للإنفجار.

ولا شكّ في أنه توجد في النظام الإقتصادي المالي سرعة قصوى في تقديم المعلومات. ولنبسط مثالا محسوسا : يفرض المحلّلون الماليون على الشركات التصريح بنتائج نشاطها كل ثلاثة أشهر، وقد ساق هذا الإجراء إلى التشويش الكامل في إدارة هذه الشركات وساهم في تضخيم الإستراتيجيات على المدى القصير و الحدّ من جدوى التمويل من أجل الإبتكار والتجديد. ولا شكّ في أنّ ما سيسود غدا في عالم المواصلات هو التقنين والمراقبة، ولا بدّ من أن يتوقف عهد المساواة الكاملة لتحقيق الافتراضي بدون أيّ تحفّظ أو احتياط. ذلك على كل حال هو ما نأمله وإلا فسنجد أنفسنا في وضعية يعسر التخلّص منها ونشهد ميلاد إنسان جديد يكون عبدا كاملا للآلة، ونحن نعيش الآن المخاض الّذي سينشأ عنه هذا الإنسان الإعلامي الذي سيساهم في أفول الدول الغنية، وفعلا نلمس اليوم

عند الطلبة والباحثين من الشباب قدرة تكنولوجية كبيرة و نجاعة تقنية مذهلة يسّرتها الآلات الإعلامية وهذه النجاعة ضُربت في أكثر من 1000 مرّة في 10 أعوام ونتيجة لذلك تراجع دور الخيال حتى أصبحنا نثق في الحاسوب أكثر مما نثق في دماغنا. و حالما يصادفنا مشكل نبحث عن الحل في «غوغل» (Google) وأكرر ما قلته سابقا من أن القدرة على التفكير و على ترجمة ما نلاحظه و نرصده إلى نماذج قد تهرّأت وعوّضتها النزعة اللاشعورية إلى استعمال البرامج الجاهزة.

ولذلك تعطّل التجديد و الإبتكار في قطاعات عديدة، فهو ضحية للكثرة المشطّة في المعلومات، وأنا في الجملة آمل أن ينحدّ فضاء المواصلات وأن يُقَنَّنَ، وشيئا فشيئا ستفتر العولمة لتعوّضها فسيفساء من نشاطات التبادل في مستوى القارة. و أمّا النقل على المسافات البعيدة فسيضطلع به القطار ذو السرعة العالية. وفي هذا الميدان ليست فرنسا في وضعية سيئة و لا أوروبا، ولن تشمل المبادلات العالمية إلا المواد الضرورية (الأورانيوم، الليّتيوم، والمعادن النادرة) وبعض المواد الفلاحية القليلة، والمبادلات الإقتصادية ستكون هي أيضا محدودة جدّا ومركزة على القارة.وأما الأسواق المالية فستكون محلّ مزيد من المراقبة، وأمّا العلوم والتقنيات والموسيقى و الفنون فسيكون تطوّرها على نحو معولم على أساس ثنائية التعاون والتنافس. ونتوقّع أن تنقسم المجتمعات إلى صنفين: صنف تستعبده تماما وسائل الإعلام، وصنف لا يتخلى عن هذه الوسائل و يعمل على أن يبقى هو المتحكم في الزمن وخاصة زمن الحياة.

ذلك هو التحدّي الحقيقي في القرن الواحد و العشرين : أن نتعلّم من جديد كيف نحيا، أن نكفّ عن هذا الجري المجنون المحموم الذي لا غاية له ولا نهاية.

الفصل الحادي عشر

كيف نتعلم التصرف في كوكبنا

«كل شيء يتحوّل و يتبدّل وما من شيء يضيع»

أنتوان لافوازيي

ما من أحد ينكر أن علم البيئة أصبح موضة في بداية هذا القرن إلى حدّ أن 95 % من الفرنسيين يرون أنه من الواجب العناية بكوكبنا، ويشاطرهم الرّأي 70 % من الأمريكيين حسب سبر حديث للآراء، وهذا الضمير البيئي الذي تيسّر له اليوم أن يتمكن حتى من رجال السياسة يعدّ شيئا حسنا في حدّ ذاته.

ولا شكّ في أن الوعي لقيمة البيئة و الضجة المتّصلة بارتفاع الحرارة على المستوى المناخي و إسناد جائزة نوبل للسلام لـ «ألغور» Al Gore قد لعبت دورا حاسما في ذلك. وأما أنا فلست مقتنعا لا بالتوقعات المناخية المعتمدة على برمجيّات إعلامية ولا بالتوقعات الإقتصادية أو المالية المستندة إلى نفس الوسائل الإفتراضية و أرى فيها ما يدعو إلى الشكّ و الرّيبة.

و الإنتباه إلى خطورة المشاكل البيئية أمر جيّد، وقد عملت مع الكثيرين منذ عشرين عاما، على تحسيس الناس بذلك، وأمّا نشر الشعور بالخوف ودعم النزعة المعادية للتطوّر و تغييب الأولويات الفعلية فهو مصيبة.

و أولئك الذين يظنّون أن إيقاف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون دفعة واحدة يكفل حلّ جميع المسائل البيئية و كأنه عصا سحرية يخطؤون خطأ فادحا، خطيرا.

و سنرى أن المشاكل التي تواجهها الأرض متنوعة و أهم بكثير من قضية انبعاث ثاني أكسيد الكربون ومن الضروري أن نتعجّل البحث لها عن حلول و أن لا نترقّب نهاية القرن، ولا أظنّ أن نشر الخوف يمثّل إستراتيجية جيّدة لردّ الفعل على النحو المناسب.

و خلف هذا الإختلاف في هرميّة الأولويّات العاجلة يرتسم تعارض أكثر عمقا بين شقّين : يضمّ الأول أولئك الذين يريدون إيقاف التطّور و كسر التنمية الإقصادية (أعني تراجع التنمية الواردة في برامج «الخضر») و إضافةَ أزمة اقتصادية إلى الأزمة البيئية، و أما الفريق الثاني فيرى أنه يمكن بل يجب حلّ المشاكل البيئية، وأنّ التنمية الإقتصادية هي رهن هذه الحلول و هو ما يتلخّص في شعار «التنمية الخضراء» التي أناضل من أجلها منذ خمس و عشرين سنة.

و تقتضي هذه الإستراتيجية حصول تحوّل عميق جدّا في سلوكنا وفي موقفنا من كوكبنا، وفعلا يجب أن تحلّ محلّ العادة المتمثّلة في أن نأخذ ثمّ نستعمل ثمّ نرمي النفايات النزعةُ إلى الرسكلة المطّردة و إلى احترام الطّبيعة بقدر ما نحترم الإنسان، فعلى الإنسان أن لا يؤذي الطّبيعة، ولكن حماية الطّبيعة يجب أن لا تكون على حساب الإنسان والمجتمع.

وقد ردّ «إمانوال تود» Emmanuel Todd على إحدى المناصرات للبيئة قائلا : « أنا منشغل بخسارة آلاف مواطن الشغل أكثر من انشغالي بفقدان بعض الآلاف من النحل» وفي ذلك إشارة جيّدة إلى أنْ لا سبيل إلى التضحية بالإنسان في سبيل طبيعة أسطورية.

ويجب أن لا نحمي الطبيعة بالنيل من الإنسان، ولا بدّ من إحلال التناسق بين الإنسان والطبيعة و هذا المسعى من المطالب العاجلة نظرا إلى تنوّع المشاكل التي نواجهها، ومن أهداف هذا الكتاب أن يبيّن ذلك.

ويمكن تلخيص المسائل الجوهرية المتّصلة بإدارة كوكبنا بكيفية متوازنة في النقاط الكبرى التالية :

1 . من قضايا الحال التي ستفرض نفسها بكلّ إلحاح **عدد سكان العالم** وخاصة منه التوزيع الإقليمي ومعه هرم الأعمار بالنسبة إلى كلّ إقليم ، وسترتبط بها على نحو ما سنراه مشاكل الهجرة والإرهاب.

2 . **الموارد الطبيعية** ، والمورد الأول هو الماء و كذلك الطاقة و المواد الأولية، ويجب إدارتها بحكمة و الحفاظ عليها و الدخول بها في عهد الرسكلة المعمّمة المطّردة.

3 . **تلوّث الكوكب** ، ولن نُخفّض منه ما لم نراقبه، ونعني تلوّث المياه سواء منها الأنهار أو المحيطات و تلوّث الجوّ (لا بثاني أكسيد الكربون فقط بل كذلك برذيذات الكربون والكبريت) وحماية طبقة الأوزون و تلوّث هواء المدن و تلوث التربة إلخ... و يجب أن لا تكون مقاومة التلوّث عائقا للتطوّر الصناعي بل لا بدّ من إدماجها بحكمة في الجهاز الصناعي نفسه.

4. **تغيير الأنظمة البيئية** بفعل الإنسان الذي أصبح عاملا جيولوجيا وفاعلا بيئيا في نفس الآن.

فكيف يمكن في نفس الوقت السيطرة على كلّ هذه المشاكل وجعل هذه السيطرة محرّكا للتطوّر الإقتصادي ؟ ولنأخذ مثلا النموّ الديمغرافي فهو من ناحية، سبب في التلوّث وفي تناقص الموارد، ولكنه يفضي من ناحية ثانية إن تمّ بكيفية متناسقة إلى ظهور مستهلكين جُدد وبالتالي إلى محرّكات ضمنية للتنمية الإقتصادية. ولا بدّ من إيجاد التوازن بين هذا وذاك وفي عبارة «التنمية المستديمة» يوجد لفظ التنمية، وعدد كبير من أنصار البيئة يتجاهلون ذلك، بل يقاومونه.

ويمثّل استغلال الموارد الطبيعية و الحفاظ على الماء واستعمال البترول بمزيد من الحكمة ورسكلة المواد الأولية المعدنية مواضيع تقتضينا أن نوفّق فيها إلى الجدّة الضامنة للتنمية، وأظن في خصوص مشاكل التلوّث أنّ اختراع محرّكات نظيفة وتوفير بذور قابلة للزرع في تربة مالحة أو حامضة ستساهم مساهمة فعّالة في حلّ مشاكل الجوع و النموّ الديمغرافي بل و النموّ الإقتصادي أيضا.

أمّا اليوم فإن أنصار البيئة ينشرون الخوف و من الواجب عندهم أن ينخفض الخطر المحتمل إلى نسبة الصّفر، فكذلك يشاء مبدأ الإحتياط في عرفهم ومن وراء ذلك يَندسُّ المعتقد الديني الذي يقرن السّوء بالإنسان بدليل أنه هو الذي ارتكب الخطيئة الأولى، وهو عاجز عن السيطرة على غرائزه المنحطّة، وهكذا يصبح علم البيئة رفضا للتطوّر ويصبح العلم حسب هذه الرؤية، حائلا دون تحقيق هذا الهدف، ورغم ذلك يعمد هذا التيار البيئي إلى تقديس العلم كلّما نَبّهْنا إلى هذا الخطر أو ذاك، وأمّا نتائجه السلبية فهو لا يتردد في نشرها على نطاق شعبي واسع للتنديد بها.

وممّا يمثل تحدّيا بارزا في هذا القرن إدماج الإنسان إدماجا كاملا في النظام البيئي في معناه الواسع، وذلك يتطلّب إعادة النظر في كيفية فهمنا لعلم البيئة ذاته وعدم فصله عن الإنسان. ومن الضروري بعد ذلك تعميق الصّلات بين هذا العلم والإقتصاد حتى نجعل منهما واقعا واحدا.

وفي كلّ ذلك ستكون الديمغرافيا هي العامل الضاغط، وهي العنصر الجوهري في أية استراتيجية نضعها للتصرف في كوكبنا [80].

الضّغط الدّيمغرافي

من الأفكار الذائعة على نطاق واسع فكرة الخوف الذي سبق أن نبّه إليه «مالتوس» Malthus، وتفصيله أنّ عدد سكان العالم يكبر بسرعة، فقد مرّ من 2،5 مليار سنة 1950 إلى 6،5 مليار سنة 2005، أي أنه سجّل زيادة بـ 4 مليارات في نصف قرن، ويكفينا إن شئنا تضخيم الأمر أن نقول إنّ هذا العدد ينمو بزيادة 200.000 نسمة كل يوم، ومن الطبيعي أن ينتابنا الخوف أمام هذا العدد الذي سيواصل ارتفاعه بهذه الوتيرة، فيبلغ 12 مليارا ثمّ عشرين مليارا ؟ فهل ستكون أرضنا في الخمسينات من هذا القرن مسرحا لمجاعات عامّة شاملة وموجات من هجرة جماعية تتنزّل منزلة الغزو وربّما تحتم مجابهتها الإلتجاء إلى حلول شبه عسكريّة، وقد لا يكون ما نراه اليوم من أحداث في «لمبدوزا» Lampedusa وفي جزر الكناري إلاّ مقدّمة تقريبية خفيفة لها. و تلوّث المحيطات و الجوّ هل سيجعل الحياة على وجه الأرض مستحيلة ؟ وهكذا سنشكو من قلّة في الغذاء

80 - ألّفت سنة 1993، قبل موضة البيئة بكثير «اقتصدوا في استعمال الكوكب» Economiser la planète» باريس 1990. ويدعو إلى المزاوجة بين البيئة و الإقتصاد لضمان التنمية الخضراء.

و نقص في الفضاء وتلوّث عام و شامل، فهل يمكن تجنّب هذا السيناريو الكارثي الذي يبسط نفسه على أنه نتيجة بيّنة لما نعاينُه من أحداث الواقع ؟

وفي هذا الصدد يُظهر الفحص المتأني للرسم البياني المتعلّق بنموّ عدد سكّان العالم أمرين بارزين يشير أوّلهما إلى أنّ نسبة نموّ السكان قد كفّت عن الإرتفاع منذ سنة 1970 بل أنها لآخذة في التناقص بسرعة و إن استعنا بالرياضيات وحاولنا تبيّن انعكاسات هذه الملاحظة على المستقبل تبيّن لنا أنّ عدد سكّان العالم لا يتّجه إلى 13 أو 14 مليارا في أواخر القرن الواحد و العشرين بل إلى حدّ أقصى يتراوح بين 8،5 و 9 مليارات ثمّ يشرع في التناقص إلى حدّ العودة بهذا العدد إلى حوالي 7مليارات في ظرف مائة أو مائة و ثلاثين سنة، وهذا السيناريو الذي ما انفكّ يدافع عنه منذ خمسة عشر عاما «هَرفي لبْرا» H. Le Bras ضدّ أهل الإختصاص من موظّفي منظمة الأمم المتّحدة أقرّه اليوم كلّ المختصّين، ومن الطبيعيّ أمام هذه الأرقام المريحة أن ينتابنا الإحساس بأننا خرجنا من الأزمة إلى برّ الأمان. لقد تفادينا الكارثة الكونية.ولكن فحص الوضعيّة بمزيد من التروّي لن يدفعنا أبدا إلى التفاؤل، وفعلا ليست الوضعية كارثيّة ولكنها مأساويّة بدليل أنه حتّى إن كان نموّ عدد السّكان سيتباطأ وحتّى إن كنّا نتّجه إلى حدّ أقصى فإنّ سكان العالم سينضاف إليهم ملياران (والأقرب ثلاثة) في الخمسين سنة القادمة ومن الضروري توفير القوت لهذين الملياران وإدماجهما وزيادة الإنتاج العالمي بكمية تساوي ما كان عليه سنة 1950 والمشكل لا يقف عند هذا الحدّ، والحديث عن كوكبنا في كلّيته لا يخلو من الفائدة على المستوى الفكري الذهني، ولكنه محدود الجدوى على المستوى العلمي التطبيقي لأن الإقليم هو محلّ الإهتمام الأول وهو الذّي تراعيه الجغرافيا في توزيعها لمختلف المعايير والمؤشرات.

ويشير هذا التوزيع إلى معطى أساسيّ وهو أنّ المناطق التي سيبلغ فيها النموّ الديمغرافي أعلى نسبة هي في جملتها تلك التي تعسّر فيها إلى حدّ كبير تنميةُ الإنتاج وخاصّة منه الإنتاج الغذائي (ويكون ذلك في الغالب لانعدام الموارد المائية الكافية). ذلك أن الماء سيكون عنصرا محدّدا جوهريّا.

وفي ظرف ثلاثين سنة سيُضرب عدد السكان في اثنين في مجموع البلدان الإسلامية ومنها باكستان وأفغانستان وأندونيسيا و مصر و الشرق الأوسط و اليمن و أثيوبيا و نيجيريا و مالي و النيجر و أوغندا و جمهورية إفريقيا الوسطى. وأما أوروبا و الهند و الصين فسينزع فيها عدد السكان إلى حدّ معيّن (هو تقريبا 1،5 مليار في الهند وفي الصّين و 400 مليون في أوروبا).

وأما في اليابان وروسيا فالنزعة ستكون إلى الانخفاض والتّقلُّص، والملاحظ أن كلّ البلدان الإسلامية باستثناء أندونيسيا لها وضعيات مائية هشّة جدّا فكيف السبيل إلى إطعام هذه الزيادات في السّكان بدون ماء ؟

ولا شيء اليوم يشير إلى قرب الحلّ لهذا المشكل الذي يمثّل السبب العميق لما يتربّص بنا من المخاطر الجسيمة. ولن تكون الهجرات الجماعية التي ستزداد تضخّما إلاّ مظهرا من مظاهرها، وفي البلدان الإسلامية التي لم تفلح في النّهوض سيشعر الإنسان بالظلم و الغبن خاصة و التلفاز يعرض عليه البذخ في بلدان أخرى، ونتيجة لذلك من الممكن أن يلجأ إلى التطرّف الديني وقد يقع بكيفية هادئة مسالمة ويتّخذ عندئذ شكل الهجرة التي يمكن لها هي الأخرى أن تصبح عنيفة إن لم يسندها الإدماج المناسب، والحدّ الفاصل بين الشمال والجنوب سيكون موجودا حتما داخل كلّ بلد.

وستزداد حدّة هذه المشاكل في أواخر هذا القرن في بعض البلدان العربية بسبب نهاية النفط والزيوت الثقيلة هي التي ستعوّضه، وحقولها توجد في بلدان أخرى وزيادة على ذلك سينخفض الإستهلاك الجملي وكلّ هذه العوامل ستحرم الكثير من هذه البلدان من ثروتها الأساسية، وقد يحتجّ عليّ بعضهم بأن البلدان المعنية لم تعرف كيف تُحوّل هذا المورد الغنيّ إلى مصدر للرفاهية والإزدهار. ومهما تكن الحال فإن بقاء كلّ الشرق الأوسط هو رهن مداخيل البترول والمساعدة التي تقدّمها المملكة العربيّة السعوديّة لبلدان عديدة هي التي تيسّر الحياة لملايين المسلمين، والعولمة تعني كذلك اقتسام المخاطر و التهديدات والتعاون عليها.

وفي تجاهل البلدان الغنية لهذه المشاكل تخلٍّ عن مسؤوليتها. ولكن هل توجد حلول؟

يتمثّل الحلّ الأول في دفع النموّ الديمغرافي إلى التباطئ. وغالبا ما نظنّ أنّ الولادات مرتبطة بالدّين، إلاّ أنّ دراسات دقيقة بينت أنها مرتبطة بعاملين رئيسيّين: هما درجة التعلّم عند النساء في المقام الأوّل ويليها مستوى الحياة ومثال المغرب و باكستان يشهد على ذلك. فقد ارتفع فيهما مستوى تعليم المرأة فتراجعت الولادات بسرعة.

وأمّا الحلّ الثاني فيتجسّم في مساعدة هذه الدّول على الإقلاع الإقتصادي. ونشير في هذا الصّدد إلى أنّ إنجاب الأطفال يعتبر في كلّ البلدان الإفريقية أو ذات التقاليد الإسلامية ضمانا للشيخوخة باعتيار أنّ الأبناء هم القيّمون على الوالدين، وذلك هو ما نراه اليوم بوضوح في ضواحي المدينة. ففيها نجد الوالد مستسلمًا للبطالة والجدود يسكنون مع أسرهم و الأبناء هم المسؤولون عن المنزل ولا شك في أن الأصولية الدّينية تمثّل أحد أسباب التخلّف في البلدان الإسلامية. وما

دعّم أتاترك الـلائكيّة إلاّ لأنـه فهم أنّ الأصولية عائق يـحول دون الإزدهار الفكري والإقـتصادي.

وكل المساعدات التي تيسّر ظهور إسلام عصري تقدّميّ ستكون محلّ ترحيب ولكن الحلّ يجب أن يأتي من المسلمين أنفسهم لا من الخارج. ومن الواضح مثلا أنّ المسلمين المدمَجين في البلدان الأوربية يمكن أن يكون لهم دور في مثل هذه الحركة.وأماّ في مستوى القرن فثمّة حقّا ما يدعو إلى الإنشغال والقلق، لأنّ المعارضات المناهضة للعلم و للتطوّر سيتّسع مداها في البلدان المتقدّمة، والأصولية البيئية لا تقلّ خطرا عن الأصولية الدّينيّة وعلينا أن لا ننسى أنّ بعض المشاركين في 11 سبتمبر هم من المهندسين المثقّفين.

وأمّا فيما يخصّ التنمية فلا بدّ فيها من موردين جوهريين : الطاقة و الماء. ومن اللازم أن تمتلك البلدان الإسلامية الطاقة النووية المدنية و أن تطوّر في نفس الآن قدراتها في مجال الطاقة الشمسية أو المستمدّة من حرارة الأرض. و من الطبيعي أن يبسط النوويّ المدنيّ مسألةَ النوويّ العسكريّ و المراقبة وغير ذلك. والمثال الإيراني أحسن شاهد على ذلك، ومن الضروري حل مشكلة الطّاقة هذه باعتماد المفاعلات الجديدة ذات الأداء العالي. وكذلك مشكل المياه، وهي جوهريّة في الفلاحة، يمكن حلّه هو الآخر إن شدَدنا إليه جهودنا.

ونخلص من ذلك إلى أنّ المشكلة لا تكمن في الواقع الديمغرافي العالمي بقدر ما تكمن في انخرام التوازنات الجهويّة بين النموّ الديمغرافي والموارد الطبيعية والتّطوّر الإقتصادي. ومن الضروري مساعدة كلّ البلدان الإسلامية و جزء كبير من إفريقيا على الخروج من التخلّف، وسلوكنا هذا ليس استجابة للضمير الكوني و العوامل الإنسانية فحسب و إنما هو من باب الإحتياط لأنفسنا من العنف الذي يمكن أن

يفرزه المستقبل. لذلك باركتُ الإتحاد المتوسّطي لأنه يمكن أن يكون خطوة طيبة في هذا الإتجاه. ولكنه يتقدّم ببطء.

وينضاف إلى هذا التفاوت الكمّي في نموّ المجتمعات الديمغرافي التفاوت في هرم الأعمار وقد سبق أن أشرنا إلى نزعة المجتمعات في البلدان الغنية إلى الهرم نتيجة لتطوّر الطبّ والبيولوجيا. وهذا التطوّر إن نظرنا إليه في توزّعه الجغرافي أظهر لنا هو الآخر خللا كبيرا في التوازنات من ذلك أن البلدان التي تتّسم بارتفاع نموّها الديمغرافي تكون فيها نسبة صغار السّن أقوى منها في بقيّة البلدان.

وهذا الإنخرام يزداد حدّة بسبب إطالة الطبّ لمعدّل العمر و أن شئنا التبسيط قلنا إنه ستكون لنا مجموعة من البلدان الشابة والفقيرة قبالة بلدان غنية ولكنها هرمة .

وذلك سيؤدي إلى تضخم الهجرة إلى البلدان الغنيّة. ففيها سيبحث القادمون مِنَ البلدان الفقيرة عن فرص لتحسين حياتهم. وهذه البلدان الغنيّة ستحتاج إلى المهاجرين من الشّباب وستستوردهم، وهي زيادةً على ذلك ستستقبل الكثير من الشّباب من البلدان الفقيرة لتكوينهم في جامعاتها. وبعد التّخرّج سيفضّل جزء كبير منهم البقاء في البلدان المضيفة. مما سيزيد في انخرام التوازن. ولا بدّ من الاعتراف بأنّ البلدان الغنيّة ليس لها من حلّ لمواجهة التّحدي الديمغرافي غير الهجرة. وأمّا الّتي لم تعتد قبول المهاجرين إليها كروسيا واليابان فسينخفض عدد السّكان فيها على خلاف البلدان المنفتحة للهجرة كالولايات المتحدة. ففيها سيواصل عدد السّكان نموّه (وكذلك سيكون الحال في فرنسا ولكن بنسبة أقل).

وستواجهنا مسألة أخرى لا تقلّ حدّةً عمّا سبق وهي التّوازن بين المدينة والرّيف ونشير في هذا الصدد إلى أن 50 % من سكّان العالم اليوم يعيشون في المدن والبقيّة تعيش في الأرياف وأمّا في فرنسا فيمثل الحضريّون 85 % من

الفرنسيّين بينما يعيش في الأرياف 70 % من سكّان الهند و65 % من سكّان الصّين. والهجرة نحو المدن هي النّزعة العالميّة الثّابتة. وفي هذا الظّرف الذي يتّسم بالنّمو الديمغرافي المرتفع وتقلّص المنتجات الطّبيعيّة يجمل بنا على عكس ذلك أن نسعى إلى استغلال الأرض وتعميرها.... وتُشير الإحصائيات في فرنسا والولايات المتحدة إلى حصول تقلّص صغير جدًّا في المدن الكبيرة ونموٌّ بيّن في المدن المتوسطة. ويجب تشجيع هذه النزعة على أن لا تؤدي إلى التضحية بالأراضي الفلاحية لأن التّحدّي الذي سيبسطه النمو الديمغرافي العالمي هو قضيّة الجوع. وتجارة المواد الغذائية ظاهرة عالمية. ولكنه لا يوجد نظام مساعدات غذائية للبلدان الفقيرة. ولا ننسى يوم عصفت المجاعة بالصومال بينما كانت غرف التبريد في بروكسيل مكتظة باللحوم الزائدة عن الحاجة.

وليس من الهيّن إقامة شبكات لتوزيع القوت على بلدان العالم الثالث. ولا بدّ رغم ذلك من بناء مثل هذه الشبكات بكيفيّة تدريجيّة لأنّ هذه البلدان ذات النموّ الديمغرافي القويّ ستعسُر عليها الزّيادة في إنتاجها الفلاحي بسبب قلّة المياه.

فهل سنعرف كيف نتوقع المجاعات ونستبقها؟ وهل ستكون لنا الحكمة اللاّزمة لإنشاء نظام لتوزيع المواد الغذائية؟ وعدم فعل ذلك يعني أنّنا نتّجه رأسا إلى عنف معمّم شامل. ومن المؤسف أنّ هذه الإمكانية هي الأكثر احتمالا. وحسبنا دليلا ما تجلّى من مظاهر الأنانيّات الوطنية في القمّة العالمية الأخيرة للمياه.

وفي مابين 2070 و 2080 سيرتفع عدد سكّان العالم إلى 8 مليارات نسمة يعيش مليار منها في الدول التي تعتبر اليوم مصنّعة. وسيساوي معدل الأعمار فيها 65 سنة ويكون مستوى الحياة فيها مقبولا وإن اعتراه بعض التّراجع بالنّسبة إلى اليوم. وفي العالم الإسلامي سيعيش 5، 2 مليار وسيكون مليار ونصف منهم

في مناطق قاحلة ومستوى الحياة فيها منخفض جدًّا ومعدل العمر30 سنة. وأمّا الصّين والهند فستشتملان على 3 مليارات وسيتجه عدد السّكان فيها إلى الإنخفاض. ولكنّهما سيعرفان اضطرابات اجتماعية حادّة بسبب ضعف التغطية الاجتماعية وغلبة الهرم على السّكان (المعدل : 55 سنة). وفي أمريكا الجنوبية سيعيش مليار نسمة وأما في فرنسا فسيكون معدل الحياة 120 سنة في آخر هذا القرن. وسيجرّ إلى اضطرابات دوريّة بسبب القضايا المتعلّقة بالتقاعد و التغطية الإجتماعية، وستبادر جمهرة الشباب وهم الأقلية إلى رفض التمادي في ضمان عيش الشيوخ وهم الأغلبية و إلى معارضة النظام الديمقراطي القائم على الأغلبية، فهل سنضطرّ إلى إقامة ديمقراطيّة متوازنة عل أساس أقسام العمر ؟

ومن البيّن أنّ أسس أنظمتنا الديمقراطية ذاتها ستكون محلّ مراجعة.

الماء : أولويّته و الحاجة العاجلة إليه

ونعني الماء العذب، وأما المياه المالحة فلن نشتكي من قلّتها مع كلّ هذه المحيطات وهي نفسها أصبحت موردًا قابلا للإستغلال منذ الآن. وقد كتبت عن الماء منذ خمس عشرة سنة واعتبرته تحدّيا جوهريًا وسأكتفي بالتذكير بكبريات المشاكل التي يبسطها، وكلّها تحتاج إلى حلول عاجلة.

والمياه العذبة التي يستغلّها الإنسان تنتجها الأمطار . و الأمطار موزّعة حسب دورة معقّدة تتمثّل في التّبخّر فالإنتقال فالهطول. ولدورة المياه هذه جغرافيا تختلف حسب الزّمن. و الإنسان يستغلّ هذه المياه لأغراض مختلفة منها استهلاكه الشخصي، والمياه عنوان الحياة، وهو المركّب الرئيسي للكائنات الحيّة وبدونه لا وجود للحياة النباتيّة أو الحيوانية. وهو مستعمل في الأشغال المنزلية و الأعمال

الفلاحية و هو أيضا مركّب كيميائي يمتاز بخصائص عجيبة من أبرزها إذابته للعديد من المواد، و لذلك نستعمله في الحياة المنزلية وفي الصناعة.

ولكنّ ما هي مصادر المياه العذبة القابلة للإستغلال ؟ ولا شكّ في أنّ الأمطار هي المصدر الأول بالنسبة إلى الفلاحة و أمّا المصدر الثّاني المستغلّ في الفلاحة وفي الأعمال المنزلية و الصناعية فهو الأنهار و الوديان، وتمثّل المياه الجوفيّة المصدر الثالث. ومن الطبيعيّ أن تكون مياه الأنهار في منطقة ما وثيقة الإرتباط بكميّة الأمطار فيها. إلاّ أن الأنهار غاليا ما تنقل المياه بعيدا جدّا عن مناطق نزولها في شكل تساقطات. والإنسان يستغلّ الماء في 3 أغراض : الفلاحة و تستهلك 70 % منه والصناعة ولها 20 % منه و الأشغال المنزلية ولها 10 %. وفي المستقبل ستزداد الحاجة إل الماء بسبب النموّ الديمغرافي و التطوّر الإقتصادي. ولكنّ هذه الحاجة ستصطدم بعائقين اثنين : الأول هو التغيّر المناخي و بسببه ستتبدّل المناطق المطيرة، وبسببه أيضا ستتعاقب على الأرض بكيفية فجئية عهود من الجفاف وعهود من الفيضانات. سيصبح المطر عدوّا.

ويتمثّل العائق الثّاني في الأنهار إذ نضخّ 23 % من مياهها بينما كنا لا تضخّ في بداية القرن العشرين إلاّ 2،3 % و لا يمكننا أن نتمادى في هذه الوتيرة وإلا عمّمنا وضعية بحر آرال الذي كانت زراعة القطن سببا في نضوبه وجفافه. وتوجد اليوم نزاعات في العالم كلّه وموضوعها الأنهار كالأردن و السينغال والنيجر والفرات ودجلة و الكولورادو و البرازوس في الولايات المتحدة واللاّبر في أسبانيا و الينغزي جينغ بالصين. ولا بدّ من أن نوقف كلّ ذلك و أن نقتنع بأنّ لا سبيل إلى الإستئثار بالأنهار و إلاّ حكمنا على الفلاحة اللازمة لإطعام المليارات الثلاثة من الوافدين الجدد بأن لا تونع إلا في المناطق التي تنزل فيها الأمطار، وفي ذلك تضييق كبير لرقعة الفلاحة.

وأما المياه الجوفية فمن البديهي أنها موارد قابلة للإستغلال ولكن على شرط أن تتجدّد. وكلّنا نذكر كيف أفرطت المملكة العربية السعودية في ضخّ مائدتها المائية الأحفورية بغية إنتاج القمح وتصديره، فجفّت المائدة و اضطرت السعودية إلى استيراد القمح. واليوم يقع التكساس في نفس الخطأ بضخّه للمياه الأحفورية في الشمال الغربي منه.

ولن أكثر من علامات التحذير، فقد قدّمت بعد ما يكفي كما قدّم غيري، وكان النجاح في ذلك محدودا. ولنتّجهْ رأسا إلى جوهر القضيّة حتى نعرف إن كانت الحلول ممكنة. و الحلّ فعلا موجود.

ويمكن تلخيصه في التوصيات السّت التالية :

1. أن لا نبذّر الماء.
2. تخزين المياه عند نزول الأمطار أو حدوث الفيضانات لإعادة استعمالها عند الحاجة.
3. تحلية مياه البحر [81].
4. نقل الماء كلّما كان لا بدّ من ذلك.
5. بناء السدود.
6. رسكلة المياه.

أمّا عن التبذير فكلّ الإحصائيات تشير إل أنه يزداد بقدر إزدياد الحاجة إلى الماء، ولا بدّ من تشجيع الريّ المراقب و الإستعمال المعتدل الخ...

81 - وهي حلّ للمياه الصالحة للشراب أمّا في الفلاحة فهي حلّ هامشي محدود جدّا.

وتخزين الماء في المخازن الطبيعية أو الإصطناعية في الشتاء (أو عند تحلية المياه المالحة كما يقع في الشرق الأوسط) من التّقنيات المعروفة. ولا بدّ من نشرها وتعميمها خاصة وهي ذات ثمن مقبول وتُجنّبنا خسارة الماء بالتّبخّر. وأمّا تحلية مياه البحر فيمارسها اليوم عشر آلاف مصنع. وقد انخفض ثمن التكلفة بقاسم 10 في عشر سنوات. وستبني برشلونة مصنعا تنوي استغلاله لريّ زراعاتها من الباكورات، ويبدو أننا سنتمكّن بفضل التناضح العكسي من الوصول بالماء إل أسعار مقبولة على المستوى الإقتصادي.

وأما نقل الماء على مسافات كبيرة في خطّ من الأنابيب فهو حلّ ممكن لبعض البلدان كالولايات المتحدة أو في أوروبا حول جبال الألب، من ذلك أن مرسيليا لم تنقصها المياه أبدا وذلك بفضل القنال القادم من «دورانس» Durance المزوّد لها بالماء. ويمكن التفكير في مثل هذه الحلول في إفريقيا بالإنطلاق من محطّات للتحلية يقع إنشاؤها على الشواطئ. ولا شكّ في أنه لا يمكن تحقيق ذلك إلا بمساعدة مالية عالمية، ولكنه ليس أمرا مستحيلا، وأنا مقتنع بأن بعض البلدان كالهند ستستطيع تخزين مياه الأمطار الموسمية الصيفية في مخازن طبيعية لضخّها في الشتاء، وقد أقمنا أنابيب عملاقة لنقل الغاز من سيبيريا إلى أوروبا فلماذا لا نستعمل نفس الطرق لجلب الماء من الهيملايا إلى وسط الهند ؟ أنكون أقلّ جسارة من الرومان، بُناة قنوات المياه ؟

و تمثّل السدود المتوسّطة الحجم وسيلة للسيطرة على الإنجراد و التعرية وتكوين مدّخرات قارة من الماء (من خلال الفيضانات) لفائدة الفلاحة. وقد تستعمل كذلك في إنتاج الكهرباء. و السدود عامّة هي معدّلات للماء و للفلاحة. أفلا يسمح إنشاء بعض السدود الضخمة على الأنهار الكبيرة بإفريقيا بحلّ قضايا المياه و إنتاج الكهرباء ؟

ومن الضروري أن تصبح رسكلة المياه حلا إلزاميا في كل المدن الكبيرة ، ويجب أن نضع هدفا بسيطا وهو رسكلة 50 % من المياه المنزلية، وهذا الهدف قد تحقق بعد في مدينة أورنج كونتي Orange County بكالفورنيا. ومن الضروري وضع هذا الحلّ موضع التنفيذ في كل مكان في مكسيكو ولاغوس وحيدر أباد وباريس الخ ...

ويوجد خطر مائي آخر وهو الفيضانات. وقد نبّهتُ إلى هذا الخطر منذ خمس عشرة سنة، واتضح أنّ تنبّؤاتي صحيحة. و أنا آسف لذلك وحجم الخسائر ما انفك يرتفع و المسؤول عن هذه الوضعية عاملان : العامل الأول هو التغيّر المناخي الذي ساق إلى ارتفاع وتيرة الظواهر القصوى و أمّا الثاني فيتجسّم في ازدياد السيلان الناتج عن حركة عمرانية فوضوية. وفيما يخصّ العامل الأول لست مقتنعا بأن النشاط البشري هو المسؤول عنه، على الأقل في المدى القصير. وأما السبب الثاني فلنا فيه إمكانية تدخّل واسعة تتمثّل في تنظيف الأنهار وتخفيفها من الطمي و منع المساحات المبلّطة بالأسمنت أو بالزفت إن لم تكن نفيذة. وزارعة الأشجار الكثيرة الأوراق ذات الجذور الطويلة الخ... ونقول بإيجاز إنه لا بد من اتخاذ التدابير التي تكفل تخفيف السيلان و لا بد بالتالي من تهيئة التراب الوطني بمراعاة هذه الأسس.

الموارد الأولية : الرسكلة و القلّة :

سبق أن بسطنا موضوع النفط و الغاز و الفحم، فلنركز اهتمامنا هنا على المعادن. و أرى في هذا الصدد أنه حالما تنتهي الأزمة الحالية سيرتفع الطلب وتصعد الأسعار. وستنضب الموارد الثابتة المعروفة، و الحق أنّ السيناريو الذي اعتبره نادي روما لسنة 1970 وشيك الحدوث سيقع في القرن الواحد و العشرين

واكتشاف المناجم المعدنية أصعب من اكتشاف الحقول النفطية لأن المادّة المعدنية ليست سائلة و المناطق الغنية بالمعادن أقلّ اتساعا (و إن كانت أقرب إلى سطح الأرض) وتكاد تكون كل المناجم المعدنية في أوروبا قد اكتُشفت بالإنطلاق من بعض العلامات الموجودة على السطح . وقد نبّهنا الرومان إلى جزء منها، فقد كانوا يستكشفون المعادن باستعمال الجيش و منذ ذلك العهد وُضعت استخلاصات جيولوجية تقرن أنواعا معدنية من المعادن بأنواع محددة من التربة أو من الحجارة أو من البنى. من ذلك أن مناجم النّحاس و الكروم و النيكال تقترن ببنى جبلية تسمّى «أفيوليت» أو بالجبال الكبيرة التي يتجاوز عمرها ملياري سنة. و أمّا مناجم الرصاص و الزنك فغالبا ما تكون على أطراف بعض الأنواع من الجرانيت أو حبيسة الترسّبات الكلسية الواقعة وراء خطوط الإلتحام القارية القديمة، ولكن التنقيب عن المعادن ينطوي دائما على الكثير من إمكانيات الإخفاق، إذ لا بدّ من التنقيب في المكان الذي يوجد فيه المعدن ذو التركيز الأقصى المطلوب بالضبط، وإلاّ أخطأنا الإكتشاف لأن العروق أو التراكمات الغنية جدّا لا يتجاوز سمكها بعض الأمتار و لا بدّ في هذا الشأن من أن نفهم جيّدا أن الحقول البترولية ظاهرة «عادية، طبيعية» في الأحواض الترسبّية ، وأن المناجم المعدنية المستغلّة موزّعة في القشرة الأرضية بكميات ضئيلة جدّا إل حدّ أننا نقيس كميتها في التربة العادية بوحدة «الجزء في المليون» أو «الغرام في طنّ من التربة» وحتى بوحدة «الجزء في البليون» أو «مليغرام في طنّ من التربة» و المناجم المعدنية هي بالتالي نتائج لظواهر جيولوجيّة استثنائية و هذه الظواهر هي التي تثريها و تجعل منها مناجم قابلة للإستغلال.

ويعود الفضل في تقدمنا في فهم تكوّنها إلى التّطوّر الحاصل في كيمياء الأرض و تكتونية الصفائح و طرائق التصوير الفيزيائي للأرض و خاصّة منها التصوير

الكهرطيسي و بفضل كلّ ذلك تيّسر لعمليات الإستكشاف أن ترفع حظوظنا من التّوفيق إلى حدّ كبير. إلا أنها مازالت تخضع للصدفة بنسبة كبيرة. و الإكتشافات الأخيرة تدفعنا إلى أن نعتبر أن مقدرات القشرة الأرضية من المعادن حتى عمق خمسة كيلومترات هامة جدًا. وذلك ما تشهد عليه التوسيعات الحديثة التي شهدتها مناجم الذهب في أفريقيا الجنوبية. و لكن عمليات الإستكشاف وما يليها من عمليات الإستغلال تتطلب الكثير من الوقت والكثير من الطاقة و من الماء. ولكن المشكل الخطير الذي نواجهه اليوم يخص المعادن التي لم نستنبط لها أبدا طرائق استكشاف فعّالة و التي أصبحت من مفاتيح التطوّر التكنولوجي الحديث، ومنها التانطال أو الإتريوم المستعمل في الهواتف الجوّالة، و الإنديوم المستغل في الخلايا الشمسية و الليثيوم الصالح للبطاريات الخ... و المقدرات الحالية من التانطال تكفي لثلاثين سنة أما المقدّرات من الأنديوم فتكفي لعشرة سنوات بينما لا تكفي مقدّرات الليثيوم إلا لعشرين سنة. و إن أردنا لتطوّر مختلف التكنولوجيات أن لا يتوقف فلا بدّ من وضع برامج للبحوث النظرية حتى نفهم على نحو أدقّ كيفية توزيع هذه العناصر و تصوّر استراتيجيات جديدة للتنقيب عن هذه المعادن. أننا لا نعرف جيدا ما تتخذه من المظاهر ومازلنا لم نَعِ حقّ الوعي أنّ ها المسعى يجب أن يكون من الأولويات العاجلة.

و الشركات المنجمية شديدة التكتّم على مقدّراتها خوفا من الآداءات والضرائب فلا يبقى لنا عندئذ إلا تقديرات الإدارات الجيولوجية الوطنية التي غالبا ما تفتقر إل المعطيات الدقيقة.

ولا شكّ في أنّ الرسكلة تمثّل حلاً جزئيا لهذا النقص في المعادن المتوقّع في المستقبل. ونشير هنا إلى أنّ 70 % من الرصاص المستعمل اليوم مرسكل و أما

النحاس فمرسكل بنسبة 30 % و أمّا نسبة رسكلة الذّهب فهي أعلى بكثير. إلاّ أننا لا نرسكل لا البلاتين و لا التانطال و لا الأنديوم.

فمن المستعجل إذن أن نعاود البحث و الاستكشاف وأن نطوّر الرسكلة. ولن نشكو من نقص المعادن على امتداد نصف قرن إن أنجزنا هذا المسعى على وتيرة معقولة. وأرى لسوء حظّنا أننا لن نقوم بذلك في ما عدا اليورانيوم لأنه معدن طاقيّ. وأمّا البترول فهو يخضع في كليّته تقريبا لمراقبة الدول من خلال الشركات الوطنية كشركة البترول المكسيكي و الشركة البرازيلية للبترول و أرمكو في العربية السعودية على أن نضيف إليها الشركات الروسية. وأما القطاعُ الفحمي فهو على عكس ذلك ملك للخواص و الشركات الخاصة ليس لها إلا هدف واحد و هو الترفيع في أسعار المواد الأولية، ولن تعمل على زيادة المقدّرات. ولذلك فعلى الدّول أن تنكبّ على هذه المسألة و الدولتان الوحيدتان المهتمتان بقضية التزوّد من المعادن هما روسيا و الصين. و فعلا اكتشفت روسيا في ترابها مقدّرات هائلة بينما تبادر الصين بفضل قوتها المالية إلى شراء الشركات المعدنية بلهفة كبيرة. ومن البديهي أنها لا تستثمر الأموال الطائلة في القطاع المنجمي بإفريقيا إلا لتحمي نفسها من الصدمات التي ستهزّ سوق المعادن في المستقبل. والغرب ؟ ماذا نفعل؟ وماذا تفعل أوروبا ؟ لا شيء. إنها تعبّئ مواردها لمقاومة ما سيطرأ بعد قرن من ارتفاع حراري في المناخ! أليس ذلك من قبيل الحلم؟!

التربة

لا شكّ في أن التربة تمثّل المادة الأولى الأرفع قدرا عند الإنسان و لكنها ما تنفكّ تسوء وتتلوّث و تتآكل. و الأدهى أن إعادة بنائها و إثرائها تحتاج إلى أكثر من ألف سنة و السبب الأول في ذلك هو الإستعمال المشطّ للأسمدة ويليه

الفلح المشط للأرض و الجفاف و قلّة الزراعات أو انعدامها في العديد من البلدان الفقيرة. و قد أثبتت الدراسات الجادّة أن انجراف التربة في البلدان التي تزدهر فيها الفلاحة ارتفع بنسبة مرتين و نصف. و هو من العوامل المسؤولة عن تراكم الرمال في الأودية وبالتالي عن ازدياد عدد الفيضانات و هو يساهم أيضا في انحلال تربة الجبال وانسيابها متسببا بذلك في الإنزلاقات الأرضية القاتلة. ومن الضروري أن نقاوم هذا الإنجراف المتسارع. وما زالت البلدان ذات الهضاب والمنخفضات تستغل طريقة تقليدية قديمة جدّا، هي الزراعات المدرّجة. و أمّا الطريقة الثانية فقد سبق أن أشرنا إلى أنها تتجسم في السدود الصغيرة التي تُمكّننا من الترفيع في المستوى المرجعي للإنجراف. و يكمن الحلّ الثالث في الحدّ من الأسمدة و ضرورة القضاء على الأعشاب الطفيلية و بالتالي ضرورة الحراثة. و ما فتئت التربة تتحوّل إلى تربة فقيرة تفتقر أكثر فأكثر إلى البكتيريا و الفطريات والكائنات المجهريّة التي تضطلع بدور جبّار في توازن الكوكب. فنحن إذن في أشدّ الحاجة إل وضع برامج لحماية التربة و بعث أسباب الحياة فيها وذلك أمر ممكن وخاصة إن استندنا فيه إلى رسكلة النفايات العضوية. و المعهد الوطني للأبحاث الفلاحية مهتم بهذه المسألة ولكن إمكانياته غير كافية. ولنا من كلّ ذلك حظيرة بيئية حقيقية تترقّب من هذا القرن أن ينكبّ عليها.

الكوارث الطّبيعية

ونعني بها الزلازل والثّوران البركاني و «التسونامي» و الملمّات المناخية و أنا أرى أنّ ارتفاع الحرارة على المستوى العالمي يبقى احتمالا من بين عدّة احتمالات أخرى و لكنّ ازدياد عدد الكوارث المناخية أصبح حقيقة يقينية. و دائرة الأعاصير في آسيا ستتوسع و كذلك في المحيط الأطلسي الأوسط.

ولا شكّ في أن الكوارث الطبيعية في القرن الواحد و العشرين ستُوقع بعدد أكبر فأكبر من الضحايا. وقد لا نتوقّع أن يرد مثل هذا الإعلان على لسان أحد أنصار العلم إلا أن دافعي إلى ذلك بيّن. و أعني أن هذا الأمر هو نتيجة طبيعية للنموّ الديمغرافي العالمي. و مهما تكن الحال فإن المناطق المهددة ستكون أكثر كثافة مما هي عليه الآن مما سيزيد بالتالي من عدد الضحايا. و بوسعنا اليوم أن نتوقّع الثوران البركاني و سنفعل ذلك بكيفية أدق بفضل الأقمار الصناعية التي تراقب البراكين. وأما توقع الزلازل فلن يكون أمرا ممكنا وإن كنت لا أشكّ في أننا سنحقق بعض التقدم في هذا المجال في المدى المتوسّط، وأمّا التسونامي فلن يكون مصدرا للأضرار في المحيط الهادي أو في المحيط الهندي فقد أنشأ المختصون شبكة إنذار. و هنا أيضا ستكون المراقبة بالأقمار الصناعية حاسمة و أمّا البحر الأبيض المتوسط فيكفي أن يظهر فيه زلزال بالقرب من اليونان حتى يحدث تسونامي فاتك يصل إلى مصر في أقل من ساعة. ولا أظنّ في ما يخصّ الأعاصير و الفيضانات والجفاف و موجات البرد الشديد أننا سنكون قادرين على توقّعها. فلماذا تصلح العلوم إذن ؟

إنّ التوقع الدقيق مستحيل لأن هذه الظواهر تخضع لمنطق الفوضى كما وضّحنا سابقا، إلا أنه بوسعنا أن نتوقّع المنطقة التي سيحدث فيها وعهد وقوعها. إلا أنه عهد تقريبي فهو بنسبة بعض السنوات في ما يخصّ الزلازل وبعض الأشهر في ما يخص الظواهر المناخية. و الخلاصة هي أن الحماية ممكنة، لذلك أصبحت الهدف المنشود. و لا بدّ من الإلحاح على أن التوقّع تقريبي و أمّا الحماية فضرورية و ذلك يعني وجوب أن نُعدّ في المناطق المهددة بالزلازل برامج تربوية ناجعة تخصّ السلوك الّذي يجب إتباعه و مباني مضادة للهزّات الأرضية و مخططا للإخلاء. وأما في المناطق المهددة بالكوارث المناخية فلا بد من اتخاذ التدابير الكفيلة بحماية

المسنين من الجفاف أو من شدّة البرد (خاصة وعددهم سيكون أكبر فأكبر في المستقبل) و حماية ضعفاء الحال أيضا (ونأمل أن يكون عددهم آخذا في التناقص) وتدعو الحيطة إلى أن ندفن في الأرض خطوط الضغط العالي الشاطئية و نتجنب البناء على حافة البحر أو على ضفاف الأنهار الخ ...

و هنا أيضا يجمل بنا أن لا نغترّ فمن الحتمي أن تخضع الأوضاع لمكيالين. من الحتمي أن تكون التدابير و الإحتياطات المتخذة في البلدان الغنية مختلفة عن تلك التي لجأت إليها البلدان الفقيرة ولا يعني ذلك أن لا جدوى من النضال والمغالبة.

التلوّث

من البديهي أن يوازي النموّ الديمغرافي العالمي ازدياداً في التلوث بنفس الوتيرة تقريبا، ويجب مقاومة التلوّث بكل أنواعه و الإنتباه إلى أنّ وضع أولويات لا يعني الغفلة عن بعض هذه الأنواع. و من مظاهره تلوّث الأودية بسبب «الأسمدة ومواد التنظيف و مقاومات الطفيليات التي تدمّر النبات والحيوان. ولذلك تراجع إنتاج فرنسا من سمك التروتة و لم يعد لسمك الزينانة وللسرطان وجود في بعض الأودية. و من مظاهره أيضا تلوّثُ التربة و قد سبق أن عرضنا له و تلوث الجو كذلك والعناصر المسؤولة عنه هي ثاني أوكسيد الكربون و أكسيد الأزوت والميتان، وربما تكون للغبار مسؤولية أكبر لا في المدن فقط بل و خارجها أيضا و نعني منه خاصة الغبار النانمتري الذي ينفذ من خلال المصافي و يسدّ رئتي الإنسان. و هو يبقى معلّقا في الجوّ لمدّة طويلة جدّا. أفلم يكتشف العلم حديثا أن ذوبان الثلوج في القطب الشمالي يتسبب فيه إل حدّ كبير ما يتراكم عليه من جسيمات الكربون المتأتّية من الصناعة، فهي التي تغيّر نسبة امتصاص هذه الثلوج للضوء فتجعل

حرارتها ترتفع. ونضيف الأمطار الحامضة فهي تواصل انتشارها. و لم نقدّر حقّ التقدير ما كان لكلّ هذه الأنواع من التلوّث من آثار على المناخ من ذلك آثار استعمالنا للفحم الوسخ أو للخشب المتفحّم (لينييت) كما هي الحال في ألمانيا ولا شكّ في أنّ تطوّر الهند و الصين سيجعلنا نعي هذه المسألة بسرعة أكبر .

و لا يفوتنا تلوّث البحار و لعلّه هو الأكثر ضررا و هو الأكثر تخفّيا و مخاتلة. والداعي الرئيسي الذي يدعوني إلى الدفاع عن ضرورة تخفيض نسبة وجود ثاني أكسيد الكربون في الجوّ يتمثّل في حموضة المحيطات التي ما تنفكّ ترتفع و هذه الحموضة تهدّد بالقضاء على كل حياة معدنية وخاصّة حياة المرجان و بالإخلال بالتوازنات الكبرى القائمة بين الجوّ و المحيط بما فيها ذاك الذي يتعلّق بثاني أكسيد الكربون. و تُظهر حقول المرجان منذ الآن العلامات الأولى لهذه الآثار المدمّرة.

ونظيف التلوث الناشئ عن النفايات المنزلية أو الصناعية أو النووية و من البين أنّ النفايات المنزلية لا مفر من رسكلتها خاصّة وقد ظهرت صناعة حقيقية تهتم بهذا الميدان و هي بصدد التوسّع. وأمّا النفايات النووية فقد أشرنا في حديثنا عن الطاقة إلى ضرورة معالجتها. وأما النفايات الكيميائية فهي الأخطر بدون شكّ. وهي التي غالبا ما تمرّ دون أن ننتبه إليها و لا نتّخذ التدابير اللاّزمة إلا عند حدوث المصائب(البوبال، والإنفجار العنيف بمعمل AZF)، و حريّ بنا أن ننشئ في هذا المجال حراسة حازمة يقظة إلى أقصى حدٍّ. وعلى الصناعة الكيميائية أن لا تواصل نفثها لملايين الأطنان من المواد السامة في البيئة وإلقاءها بنفاياتها في باطن الأرض لما في ذلك من خطر تلويث موائد المياه الجوفية. وعليها أن تكفّ عن نقل المواد السّامة برّا أو بالسكة الحديدية بدون اتخاذ الإحتياطات القصوى. ونحن في حاجة حقّا إلى المزيد من اليقظة والإنتباه، وليس من الحكمة أن لا نتّخذ التدابير اللازمة

إلا عند وقوع المصيبة. و من الواجب أن نتّجه بخطى أسرع إلى الكيمياء النظيفة دون أن نعرقل التطوّر الذي تقتضيه الصناعات الكيميائية.

تنوّع الكائنات الحيّة

أصبحت هذه الظاهرة مطّية وديعة محبّذه يركبها بعض عشّاق الذئاب أو الدّببَة لإظهار تعلّقهم المَرَضي المجنون بالحيوانات. ومهما كان تعاطفي مع الحيوانات الوحشيّة لا بدّ من الإقرار بأن مصير هذين الحيوانين قضية جزئية عارضة بالنسبة إلى ضخامة المشكلة المبسوطة. ويضيف بعضهم إلى ذلك تدمير الغابات الاستوائية وما ينجرّ عنه من زوال عدّة فصائل من الحشرات و هذه المسألة على خلاف السابقة تستأهل الإهتمام. ولكنها لا تمثل إلاّ جزءا من القضيّة.

ولكن لماذا نرى في تنوع الحياة مشكلة و الحال أننا لا نعرف حتى أنواع الكائنات الحيّة.! وبعضهم يقدّره بـ 13 مليونا و البعض الأخر يضرب هذا العدد في 10. وهكذا تبقى تقديراتنا ضبابية، إلاّ أن الجميع يتفقون على أن عدد أنواع الكائنات الحية يتناقص باستمرار و الدراسات التي تناولت المناطق الواحدة تلو الأخرى وتناولت الجزر أيضا تشهد على ذلك. وتشهد على أفدح تناقص و هو ذاك الذي يصيب الحيوانات المهيبة التي نتخذ منها الرّموز كالنمر و الكركدن الأبيض. ولكن الأدهى من ذلك والأخطر دلالة هو تناقص الطحالب والبكتيريات والفطريات والعلائق البحرية، وهي التي تجسّم جذور التنوّع الحيوي وتضمن ازدهـاره.

و يعدّ تنوّع الفصائل و تنوّع الأنواع داخل كلّ فصيل ضروريّا لتطوّر الكوكب على نحو منسجم، لأن التنوّع هو شرط التكيف ذاته. وقد فهم داروين أنّ التكيّف يتحقق بالإنتخاب الطّبيعي، وبقدر ما يكون عدد الأنواع أكبر تكون حظوظ أحدها

في التكيف مع الظروف الجديدة أوفر. والتكيف مع وضعيات لن تكفّ عن التبدّل يعني ضمان البقاء «للتوازنات» الكبرى على كوكبنا، وذلك لأنّ أنواع الأحياء لها دور بيّن في الدورات الكيميائية و البيولوجية الكبرى على الأرض، والنظرية المسماة «قايا» و التي وضعها «لافلوك» Lovelock و أعلن فيها أن الحياة نفسها هي التي تعدّل الظروف المناخية الضامنة لبقائها (درجة الحرارة، الرطوبة، الخ ...) تمثّل بدون شكّ مبدءا جسورا. إلاّ أنها تحتوي على جزء من الحقيقة و نذكر في هذا الصدد التركيب الضوئي الذي يمتصّ ثاني أكسيد الكربون و يصدر الأكسجين والبكتيريات و الفطريات التي تتدخّل في دورات الأزوت والفسفور و الكبريت. إلاّ أن هذه البكتيريات و الطحالب و الفطريات سواء كانت في الدول الصناعية أو في الدول النّامية تخضع للتدمير المتزايد بسبب استعمال المواد الكيميائية ومبيدات الطّفيليات و مبيدات الحشرات. و التدمير يشمل كذلك الغابات الإستوائية ومحيط الشعاب المرجانية.

إن الدّفاع عن التنوّع الأحيائي يستأهل الأولوية [82]. وفي هذا النضال يمكن لعلم الوراثة الجزيئي أن يضطلع بدور كبير. فيكون ذلك بإنشاء بنك لمورّثات الأنواع المهدّدة بالانقراض، و به نوفّر لأنفسنا القدرة على إحداث الولادات في الأنواع التي تقلّص عددها. ويمكن أن نفعل أحسن من ذلك، فسنكون قادرين على صنع نباتات معدّلة جينيّا يمكنها امتصاص ضعف كميّة ثاني أكسيد الكربون. وهي نباتات عاديّة وسننشئ كذلك نباتات تأخذ الأزوط من الجوّ مباشرة و تسمح بالتالي بالإستغناء الكامل عن استعمال النيتراتات. و الملاحظ أن بعض أنواع البكتيريات المعدّلة وراثيّا قادرة على تخليص التربة مما يلوّثها و بعضها الأخر قادر

82 - راجع Edward Wilson: Sauvons la biodiversité . ذكر سابقا.

على تكثيف نسبة وجود المعادن لجعلها قابلة للإستغلال وهكذا سيتاح لنا إن أخذنا بمقتضيات حماية تنوّع الأحياء و أضفنا إليها علم الوراثة الجزيئي أن نعيد طرائق التعديل و التحكم الطبيعية إلى سالف عهدها.

علم البيئة الادماجي أو التكاملي

من المواضيع التي يجب أن نعبّئ لها العلم و أصحاب القرار السياسي العلاقات المنعقدة بين الكائنات الحية بالمحيط المادي الخارجي و التطوّر الدّاخلي فيما بين هذه الكائنات، و سنركّز بحثنا على المظاهر العملية الإجرائية، ففيها توجد تحدّيات حقيقيّة.

تصطدم في علم البيئة رؤيتان متعارضتان يمكن أن نصف الأولى منهما بكونها «طبيعية» وهي تتفق من الناحية الفلسفية مع فكر أنصارالبيئة الناشطين. و تدعو إلى دراسة الطبيعة العذراء التي لا تزال على حالها الأولى ولا أثر للتلوّث فيها وهي .الّتي يريد بعضهم بعثها. و لذلك يتّجه الإهتمام إلى رقعة مجهولة من الأرض في غابة الأمازون أو في بابوازي بغينيا الجديدة أو على ركن منزوٍ في الألسكا. وهناك سينكبّ المعنيون بالأمر على دراسة «التوازنات» القائمة بين مختلف الأنواع ثم بين هذه الأنواع و وسطها الطبيعي. و لا ننكر أهميّة هذه الدراسات لأنها ستتيح لنا ضبط بعض المرجعيات. إلا أنه من المستبعد جدّا أن نعتبرها من أهم الدراسات وأكثرها استعجالا. والإنسان عنصر جوهري من عناصر الطبيعة فهو نتاج لها وعليه إن شاء البقاء، أن يقيم معها علاقات منسجمة. وأشير إلى أنني لم أستعمل لفظ «التوازن» لأن هذا اللّفظ لا معنى له لا في علم البيئة و لا في الإقتصاد بدليل أنّ كلّ شيء يتبدّل باستمرار ففضّلت عليه لفظ «الإنسجام». ولا بدّ اليوم لكلّ دراسة للبيئة من أن يكون الإنسان جزءا منها، وذلك لا يعني وجوب أن تعتبر أنّ

حضوره و تصرّفه يمثّلان معطى لا قيمة له ولا أثر بل عليها على عكس ذلك أن تقود إلى تغيير السلوك البشري حتى تضمن الإنسجام الذي تحدّثنا عنه.

و لنقدّمْ بعض الأمثلة على ذلك : يوجد اليوم في جنوب شرقي أسيا ثلاث فصائل من النسور وهي من الأنواع المهددة بالإنقراض و عدد هذه النسور مائة، مما يعني أنه انخفض بنسبة 97 % في عشرين سنة فما هو السبب ؟

ألِأنّ الإنسان كان يصطادها ؟ أم بسبب انعدام القوت ؟ و حقيقة الأمر أنّ تكاثر هذه الطيور في جنوب شرقي آسيا يعود في المقام الأول إلى النموّ الدّيمغرافي فقد وجدت في هياكل الحيوانات الميتة بسبب الهرم أو المرض وفي العظام و البقايا المتأتية من المجازر مصدرا للقوت الوفير يسّر تكاثر هذه الأنواع. ثمّ بعد ذلك بدأ عددها يتناقص. وقد أثبتت الدراسات البيئية الدقيقة أنّ السبب في ذلك هو دواء مضادٌ للإلتهاب يستعمل في تربية البقر و له مفعول مميت على النسور و القصّة لا تقف عند هذا الحدّ : فقد أدّى تناقص النسور إلى تكاثر الكلاب و الذئاب. والمصيبة أن الكَلَبَ يعدّ داءا مستوطنا لهذا الجزء من آسيا. وهذه الحيوانات اللاحمة تمثل أدوات لانتشار هذا المرض. وفعلا سجّل الكَلَبَ عودة قويّة. و يكمن الحلّ في إيجاد بديل مناسب لمضاد الإلتهاب المستعمل للبقر.

و لنا مقال آخر و هو أقلّ غرابة، و لكنّه معروف أكثر و يخصّ مبيدات الحشرات. فقد أدى استعمالها بدون اختيار المناسب منها إلى القضاء على مجموعة كاملة من الحشرات الضرورية لتخصيب بعض النباتات ذات الأزهار.

ولكن المسألة أكبر من ذلك بكثير و المشكلة التي سيواجهها الإنسان في هذا القرن هي إطعام 3 مليارات إضافية من البشر مع ضرورة المحافظة على الغابة وحماية الفضاءات الطبيعية و الأنهار والمحيطات و تجنّب التلويث. وقد لا تخلو

كلّ هذه المطالب في نفس الوقت من التناقض! ألا يكون علم البيئة و الفلاحة خصمين يصعب التوفيق بينهما ؟ و رغم ذلك فالهدف بيّنٌ و ضروريٌ. و يتمثّل في إدماج الفلاحة في المسعى البيئي العام و نذكر في هذا المقام تدمير المزارعين للغابة الأمازونيّة في البرازيل، وهو مثال جيّد. ومن الواجب الكفّ عن تدمير هذه الغابة.

إلا أنه من الواجب أيضا تمكين المزارعين من أسباب البقاء ولذلك يتحتّم وضع سياسة لتهيئة الفضاء باستعمال كل التقنيات الفلاحية الحديثة كالفلاحة بدون تربة و النباتات المحوّرة جينيّا و غيرها. فكذلك فقط يمكن إحلال التوازن بين البيئة و الفلاحة و هذا التوازن يقتضي من أوروبا تهيئة أراضيها البور تهيئة بيئية.

و علم البيئة الادماجي أو التكاملي يهتمّ أيضا بالوقاية من الأمراض الفيروسية المستجدّة و فعلا يطالعنا بين الحين والحين مرض جديد يكون المسؤول عنه فيروسا مجهولا. و هو ما حصل مع مرض متلازمة العوز المناعي المكتسب (السيدا/الايدز) و أنفلونزا الطيور و ما حصل منذ أشهر في المكسيك مع فيروس أنفلونزا الخنازير و هو فيروس جديد مجهول. و الأغلبية الكبرى في هذه الأمراض الفيروسية المستجّدة تأتي من الحيوانات التي يمثّل بعضها خزّانات للفيروسات (كالقردة و الخفافيش و القواضم) و بعضها الآخر أدوات لنشرها (كالبعوض والطيور) . ومن الطبيعي أن تأخذ هذه الأمراض في التفشي نظرا لإزدياد عدد السكان وحجم المبادلات العالمية للأغذية و انتشار تربية الحيوانات، لذلك بات من اللازم حماية فصائل الحيوانات البريّة لحفظ الأنواع المَدجّنة وحفظ الإنسان أيضا.

وممّا يوجب علمَ البيئة الادماجي أو التكاملي هذا أنّنا سنضطرّ إلى العمل على تخفيف الكثافة البشرية في المدن والحدّ من الهجرة إليها في عدّة بلدان كالهند والصّين و في أفريقيا.

الـهندسة الـوراثـية

تمثّل هذه الهندسة من بعض الوجوه مدّا لعلم البيئة الادماجي أو التكاملي إلى حدوده القصوى ذلك أنه لا بدّ للإنسان إن شاءَ التدخّل لحفظ الإنسجام بينه و بين الطبيعة من أن يصبح عنصرا فاعلا مباشرا في دورات كوكبنا ويحاول تغيير سيرورة النُّظم الطبيعية.

ولنا بعدُ مثال حيّ و هو الآن بصدد التحقق و نعني حبسَ ثاني أكسيد الكربون و خزنه. ذلك أن هذا الغاز هو السبب الرئيسي لاختلال المناخ وارتفاع حموضة البحار، فلماذا لا نقيّده و نخزنه ؟ ولنشْر إلى أنّ هذه الطريقة هي التي طبّقتها الطبيعة. فقد كان الجوّ البدائي على الأرض غنيّا بهذا الغاز مفتقرًا إلى الأكسجين ولو دمّرنا كلّ الحجارة الكلسية المخزّنة في الطبقات الحيوية لحرّرنا ثاني أكسيد الكربون وجعلنا الجوّ الأرضي مماثلا تماما لجوّ الزهرة ورفعنا درجة الحرارة إلى 300 درجة مائوية : وقد أفلحت الأرض طيلة تاريخها في تفخيخ ثاني أكسيد الكربون وحَبْسه في شكل كلس معتمدة في ذلك على تفاعلات كيميائية حيويّة تسمح بتكوّن كربونات الكلسيوم (Co_3 Ca)، ونحاول اليوم أن نعيد هذه العملية. ومازالت التجارب في الوقت الحاضر في بدايتها الأولى. و تتجسّم في صبّ ثاني أكسيد الكربون في شكل سائل في آبار النفط (وهو عندئذ أثقل من الماء). وقد جرت عدّة تجارب من هذا القبيل في بلدان مختلفة وكانت البداية في بحر الشمال و في كندا و الجزائر وأستراليا. ويقع الآن إعداد مواقع كثيرة لتجارب مماثلة وخاصّة في فرنسا في «لاك» Lacq و تقضي الخطّة في المستقبل بحبس هذا الغاز عند خروجه من المصانع التي تستعمل الفحم وفصلِه عن بقيّة الغازات وتخزينه في باطن الأرض. وسعر التكلفة الطاغي اليوم هو سعر تخليصه من بقية الغازات

ويساوي 80 دولارا للطنّ الواحد. و أمّا سعر التخزين فيساوي 5 دولارات للطنّ الواحد. ولكنّ هذه الطرق لن تكون مجدية مأمونة الجانب إلاّ إنْ تحوّل هذا الغاز إلى حجارة (الكلس) وإلا فسنبقى معرّضين إلى حوادث قد تدفع بثاني أكسيد الكربون إلى سطح الأرض. وتوجد طرق أخرى أحسن و تتجسّم في صنع الكلس بالإنطلاق من تفاعلات كيميائية يُستعمل فيها البازالت و «البريدوتيت». وهذه الطريقة موضوع لتطوّر تكنولوجي هام له مردود اقتصادي عال كما هي الحال في كلّ ما يتّصل بالبترول. ولا شكّ في أنها تمثّل برنامجا مفيدا جدّا.

وأمّا المثال الثّاني فيتعلّق هو أيضا بالمناخ، فقد ظهر أن درجة الحرارة فيه ترتفع. فلماذا لا نبرّده ؟ وقد أطلق هذه الفكرة الروسي «بوديكوه» Bodyko. ثمّ تناولها اليوم من جديد «بول كروتزان» P.Crutzen الفائز بجائزة نوبل الكيميائية. ومؤدّاها أن مركّبات أعالي الجوّ المحتوية على الكبريت تعكس أشعّة الضوء فلماذا لا نحقن أعالي الجوّ بعديد الأطنان من أكسيد الكبريت حتى نبرّد الجوّ ؟ وهذا لن يقتضينا من الأموال أكثر مما نتلفه في حرب أفغانستان ! ولكنّ المشكلة هي أن أكسيد الكبريت إن انضاف إليه الماء أنتج الحامض الكبريتي. و من الحتميّ في يوم ما أن يسقط هذا الحامض على الأرض في شكل أمطار حامضة. فهل يجوز قبول هذه المخاطر لتبريد الجوّ بدرجة أو درجتين مائويتين ؟

وأمّا المثال الثالث فيخصّ الزلازل. ونعرف أنها نتيجة لتراكم الضغوط على طول خطوط التصدّع على مدى الملايين من السنين. وحركة الصفائح التكتونية هي المتسببة في تلك الضغوط التي تتحرّر و تنفجر في بعض الثواني محدثة اهتزازات مدمّرة. و المشكلة هي أننا نعرف جيّدا أين ستحدث الزلازل القادمة - ولنا فيها خريطة دقيقة – و لكننا عاجزون عن توقّع اللحظة التي ستقع فيها

و قد خطر لبعضهم إمكانية تفجير قنابل ذريّة صغيرة في الصّدوع الزلزالية بغية تحرير الضغوط المتراكمة، على أن نختار لذلك اللحظة المناسبة التي تدع لنا الوقت لإخلاء المدن المهدّدة . وقد انطلق مشروع لتجريب هذه التقنية في ألسكا بعيدا عن أية مدينة. ويرى أصحاب هذا المشروع أنه يمكن تطبيق تجربتهم هذه إن نجحت، على الصّدوع الحديثة التي تعرّضت حديثا لهزّات أرضية والصدوع المرشحة هي صدع سان أندريان بكالفورنيا، وصدع شمال الأناضول بتركيا في المنطقة القريبة من اسطنبول.

ومن الأفكار الأخرى تلك التي تدعو إلى تحفيز نشاط المحيطات البيولوجي. ونعرف أن السلسلة الغذائية في المحيطات محدّدة بتطوّر علق البحر. ويتركّب العلق النباتي من طحالب مجهرية تمتصّ ضوء الشمس و تنتج المادّة الحية بواسطة التركيب الضوئي. وهذا العلق النباتي هو الذي يتخذ منه العلق الحيواني غذاء له. وهذه الحيوانات المجهرية تصبح بدورها طعاما للأسماك الصغيرة التي تتغذّى منها الأسماك الأكبر منها الخ... فكل شيء ينطلق إذن من العلق النباتي. ولصنع المادّة الحية لا بدّ من الماء وثاني أكسيد الكربون. و البحار غنيّة بهما ولا بدّ أيضا من الأزوت في شكل نيترات و من الفوسفاط و الحديد. وهذه المواد من العناصر الضابطة المحدّدة. فلماذا لا نزرع النيترات و الفوسفاط وأكسيدَ الحديد في المحيطات في المناطق الإستوائية حيث يبلغ النشاط البيولوجي أوجَه لأنّ هذه المناطق مشمسة جدًّا. ففي ذلك ما يحفز تكوّن العلق النباتي و بالتالي امتصاص ثاني أكسيد الكربون. وفي ذلك تنمية للثروة السمكية أيضا. وقد أجريت في هذا الشأن بعض التجارب المحدودة. ولكن لماذا لا نعمد في هذا القرن إلى مضاعفة هذه التجارب ؟ سيقول بعضهم أنْ لا فرق في المفهوم بين البذر في البحار و استعمال

الأسمدة في الفلاحة وفي الحالين ينطلق الإنسان ممّا يتوهّمه منذ آلاف السنين من أنْ لا حدّ لقدرته. والغُلاة من أنصار العلم يحبّذون هذا الإنسان الإله. أمّا الإنسان المتبصّر فسرعان ما يتساءل: ألا نلعب في هذا الذي نأتيه لعبة شيطانية خطيرة؟ وهل نعرف الظواهر الطبيعية معرفة جيّدة حتى نجسر على تغييرها أو ربّما على الإستعاضة عنها ببناء ظواهر اصطناعية كما فعلنا حين مررنا من العلم إلى فنّ المهندس؟

و الجواب أنْ لا : فنحن لا نعرف جيّدا الأليات الطبيعية بدءا من المناخ! وهذا الجواب يصحّ اليوم وسيبقى صحيحا لعدد من السنين القادمة. وقد تعاقبت على الأرض تغيّرات مناخية عديدة إلاّ أنها لم تقض على الحياة. ممّا يدلّ على وجود معدّلات وضوابط تنظّم كلّ ذلك. فهل توصّلنا إلى الإحاطة بها و فهمها ؟ لا. بدون أدنى شكّ وذلك لا يوجب علينا أن لا نجرّب حتى في مستويات محدودة، ولكنّه من الواجب أن نكون واثقين من أنفسنا ومن قدراتنا قبل أن نتناول الأرض في جملتها. وقد بينت لنا ريادةُ الفضاء أنه لا يوجد كوكب بديل ويجمل بنا التحلّي بالحذر قبل البدء في معالجةِ مازلنا بعيدين جدّا عن فهمها.

الفصل الثّاني عشر

النّزاع الأكبر في القرن الواحد والعشرين

«ورغم ذلك، فهي تدور»

غاليلي

إنّ البشر على حدّ رأي «جون بو تيرو» J. Bottero هم الّذين اخترعوا الإله. رغم إعلانهم أنّ الحقيقة هي عكس ذلك. وأن الإله هو الّذي اخترع الإنسان. ولا شكّ في أنّ هذا القلب للأدوار قد وقع إقراره وقبوله. وإلاّ لما كان للأديان ما حقّقته من نجاح لا مثيل له. ولا شكّ في أنّ قلق الإنسان بسبب ضيق منزلته وبسبب الموت الذي لا يقبل منطقه هو السّبب الحقيقي لهذا النّجاح الباهر الذي يشهد عليه أن لا وجود لمجتمع لا إله له. وهذه الصّين اليوم تطلبه، ربّما كما طلبه بالأمس الاتحاد السوفياتي. وقد رأينا مع زوال الشيوعيّة كيف عاد الدين بسرعة كبيرة.

وقد اضطلعت الدّيانات، في كل الأزمنة، بمهمّة الوساطة بين الإله (سواء كان واحدا أو جمعا) والإنسان. وانطلاقا من هذه المهمّة بدأت الصّعوبات لأن هذه الأديان أصبحت في كلّيّتها تقريبا في أياد بشرية، أي في أيادي رجال الدّين الّذين

يسعون حتما إلى احتكار معرفة الحقيقة الربّانية وبالتالي كل صنوف الحقيقة. وهي مصدر للسّلطة الفكريّة الرّوحيّة وللسّلطة الماديّة. ولكن قبول الإنسان لذلك واعتناقه للدّين لمعالجة قلقه الوجودي أو للانسجام مع تطلعاته الروحية لا يعني أنّه أشبع حاجته إلى المعرفة. ولا ارتواء لعطش الإنسان إلى فهم العالم الذي يحيط به ومعرفة أصوله. وقد واجه الكهنة هذا العطش بطرق مختلفة. فبعضهم يرى أنّ العلم لا فائدة منه، لأنّ الكتب والأحاديث المقدسة هي التي تنطوي على جوهر المعرفة. بل أنّهم ليذهبون إلى ما أبعد فيعتبرون أنّ العلم لا يسوق إلاّ إلى حقائق وهمّية مخطئة : فكذلك مثلا كان موقف «برناردوكلور فو»B.de Clairvaux في الكنيسة الكاثوليكية. وكان واعظا ذا سلطة كبيرة. وهو الذي فرض مفهوم <u>الجهل الورع</u>. وتقف «الطنطربّة « في التيبت نفس الموقف إذ ترى أن لا فائدة من العلم لأن حقيقة العالم ليست تلك التي نراها. بل يمكن لما نراه أن لا يكون إلاّ مجرد خدعة. ويجب أن أذكِر بأنّ الدّلاي لاما Dalai Lama وهو زعيم لطيف ومثقّف هو رمز لدين يدعو في التيبّت إلى الظلامية العلمية.

وما كان لِهذا الموقف أن يصمد تاريخيا لأنه لا يستجيب لحاجة البشر إلى المعرفة. وقد أُطرد أبلار «Abélard» من السّربون وحُكم عليه ولكن رسالته بقيت. وعطش الإنسان إلي معرفة العالم الذي يعيش فيه، ذاك العطش الّذي عبرت عنه بابل والهند القديمة واليونان وتشبّعت به الثّقافة العربية اضطرّت الكنيسة الكاثوليكية أخيرا إلى الإستجابة له. وكان ذلك منعرجا كبيرا جسّمه «توماس دكان» T.d'Aquin وتدريسُ فيزياء أرسطو.

وفي القرن السادس عشر كان غاليلي يقول وهو ذو إيمان قويّ : «اكتشاف قوانين الطبيعة يعني الاقتراب من الله لأنه هو الذي خلق الطّبيعة» وعلى نفس

هذا الموقف وفي نفس العهد أنبنى وتطور النظام اليسوعي مؤسّس المجمع الروماني الذي كان في نفس الآن مركزا مرموقا للعلم ومرجعا للفقه.

ورغم ذلك وبسرعة كبيرة أصبحت وضعية الديانات ذات الكتاب صعبة. بسبب الكتاب الذي تعتمده وهو ذو صبغة مقدسة تجعله يضيّق من حدود المعرفة. أمّا العلم الذي تقوم فيه الحقيقة على الملاحظة الدّقيقة ووضع المفاهيم فقد وقع التنديد به على أنه عائق ثم على أنه تهديد من قبل الكنيسة وكهنتها باعتبارهم هم المتلكون وحدهم للحقيقة... وقد وجب على المجْمع الدّيني المنعقد سنة 1563 بترانت Trente أن يحسم الأمر فأعلن مبدأ أنّ الكنسية معصومة من الخطأ. فعلى العلم أن يخضع لها . وهذه الحقيقة المفروضة لم يرفضها لا «لوثر»Luther ولا كلفين Calvin.

وكان ذلك منطلقا لمعارك مشهودة. استهلها غاليلي بموقفه من حركة كلّ من الشّمس والأرض ثم كان موقف الكنيسة المحرّم لتشريح الجثث. وأمّا الكنيسة الانجليكانية فقد قاومت الجيولوجيا التي وضعها «هوتن» كما قاومت نظرية داروين في التّطور: وأمّا في القرن التاسع عشر والقرن العشرين فقد تصدّت الكنيسة بدون هوادة للتلقيح وعمر الأرض ومنع الحمل والدراسات على الخلايا الجذعية.

وتنبه إلى أنّ الدين اليهودي تيسّر له في نفس هذا السياق أن يتطوّر بفضل طابعه اللاّ مركزيّ واقتناعه بصفة عامة بأنّ التّوراة قصة مجازيّة وليست مرجعا حرفيا. ويري الكثير من اليهود أنّ مخترعات العلم ومكتشفاته مقبولة ما لم تسُق إلى جحدان وجود الله. ومن الطبيعي أنه يوجد كذلك يهود متزمتون لا يرتاحون إلى التطور. وأمّا الإسلام فقد كان دائما موطنا لتيارين فكريين متعارضين. يتّصف الأول منهما بكونه تقدّميًا، ويستند إلى التأويل العقلي التّقدمي للقرآن. وهو

متأثرٌ بحديث الرسول الذي يقول: «طلب العلم فريضة على كلّ مسلم» واليه يعود الفضل في ظهور المدرستين اللاّمعتين ببغداد وقرطبة. وقد ساهمت هذان المدرستان مساهمة تاريخية جبّارة في ارتقاء العلم من خلال تأليفهما الموفق بين العلوم اليونانية والعلوم الهندية. و«توماس دكان» نفسه استند إلى هذه الحركة لإقناع الكنيسة بترك جامعاتها تطور بحوثها رغم ما في ذلك من خطر أنّ تتجاوزها الأحداث. وأمّا التيّار الثّاني فهو أصولي قمعي ومن مظاهره حرق كتب ابن رشد في غرناطة واضطراره إلى الالتجاء إلى مرّاكش واضطهاد ابن سينا وموقف الزعماء الدينيين الإيرانيين في الطّور الأول من الثورة الإسلامية.

وأمّا الكنيسة الكاثوليكية التي تحترم جميع الديانات ذات الكتاب فتتّسم بطاقتها الإعلامية الجبّارة وخاصة من خلال أقوال البابا لكونه أشهر الآدميين منذ ألف سنة تقريبا. وهي نفسها يتنازعها تيّاران أحدهما تحديثي والآخر تقليدي وهذا التعارض دائم، ثابت وخاصة منذ خمسة قرون ولكنه اتخذ أشكالا مختلفة ومواقف متناقضة أحيانا.

من ذلك أن «توماس دكان» هو الذي أدخل فيزياء أرسطو في برنامج التدريس الجامعي. وكان هذا المؤلف اليوناني ممنوعا في الدوائر الكاثوليكية. وذلك ما تصوره بكيفية جيّدة رواية «اسم الوردة» لاومبرتو إكو .Umberto. Eco. وهي التي تحولت إلى فيلم. ولكنه أدخل هذه الفيزياء بقوة إلى حدّ أنّها أصبحت تمثل الحقيقة التي تبنّاها المجمع الديني المنعقد بترانت، والحال أن هذه الفيزياء ذاتها قد تجاوزتها المعارف في ذلك العصر وتشهد على ذلك الخصومات التي انطلقت مع غاليلي. وقد حاول يسوعيو المجمع الروماني تدارك الأمر بدون جدوى وبعد ذلك بكثير في القرن العشرين ظهرت نظرية الانفجار الأكبر فحميَ النّقاش من حولها. وعارضها

البابا «بي» Pie الـثّاني عـشر. ولكن القس البلـجـيـكي «جورج لِو ماتر».G Le Maitre كان أحد المنظرين لهذه النظرية. فتوصل إلى إقناع البابا بأنّ مثل هذه النظرية التي تقر بوجود لحظة الانطلاق أو لحظة الصّفر تساند قضية النشء. وتذهب بالتّالي في اتجاه التّوراة فغير البابا رأيه. وأنشأ الأكاديمية البابوية للعلوم وعيّن «جورج لوماتر» أول رئيس لها. وحديثا أعترف البابا جون بول الثاني رسميا بخطإ الكنيسة حين حكمت على «غاليلي» (إلاّ أنه غفل عن ذكر الدومينيكي جيوردانؤبرونو G. Bruno). و بدا مناصرا لنظرية التطور الداروينية. ولكنه لم يذكر لا الجانب الإحصائي العشوائي في التطوّر ولا العلاقة الوراثية بين الإنسان والقرد. وهل يمكن للبابا أن يكون تقدميا دون أن يعرّض للخطر كامل الصّرح الذي يرأسه والمبنيّ في كليته على التقاليد وعلى الاحترام الدقيق للكتاب المقدس ؟

ومن خلال كلّ ذلك تبرز قضية أساسية. وهي مدى قدرة الديانة الكاثوليكية على التطور إلي حدّ قبول كل ما يفضي إليه العلم من نتائج مهما كان نوعها. وتنهض الإستراتيجية الحالية على تجنب التشدد إلاّ في ما يخصّ البيولوجيا. بدليل أن الإجهاض يعتبر جريمة. واستعمال الواقي لتجنب مرض متلازمة العوز المناعي المكتسب (السيدا/الايدز)ممنوع. والتصرف في الخلايا الجذعية حرام لأن البويضة المخصّبة هي بعدُ كائن بشري. والمساس بالحياة جريمة لأنه تَدَخُّل مباشر في المجال الرّبّاني.

والملاحَظ أن الإنجازات العلمية في القرن الواحد والعشرين ستكون في جزء كبير منها في الميدان البيولوجي. فهل من سبيل إلى تجنب المواجهة المباشرة؟ ويكفي للخروج من هذا الطريق المسدود أن تتخذ الكنيسة الكاثوليكية موقفا شبيها بموقف أغلبية اليهود فتعتبر التوراة نصّا مجازيا (والحقّ أني لا أري كيف

يمكنها أن لا تفعل ذلك). ولكنه ليس من الهين اتخاذ هذا الموقف في كنيسة تتسم بالمركزية. أما عند اليهود فلكل حبر تأويله الخاص للنصوص الذي قد يكون متناقضا مع تأويل حبر آخر. وكيف ستصبح الكنيسة الكاثوليكية إن قبلت ذلك؟ وأما التأويل الديني المستمر للمنجزات العلمية فيقتضي أن تكون للبابا هيئة من أهل العلم المحنكين ممّن لهم إيمان قوي وخيال قوي أيضا. ولا شكّ في أن ذلك هو ما كان يأمله اليسوعيون حين أنشؤوا المجمع الروماني والبابا بي الثاني عشر حين أنشأ الأكاديمية البابوية. و يهمنا كذلك أن نعرض موقف«البروتستانت» من تطور البيولوجيا. ونشير في هذا الشأن إلى أنه يوجد من الكنائس بقدر ما يوجد من الصّنوف والنحل تقريبا والبروتستانت هم أقلية في أوروبا وكنائسهم أقل تشددا من الكنائس الكاثوليكية. والعلم يحظى فيها باحترام أكبر. وأما في البلدان التي يمثل فيها البروتستانت الأغلبية كالولايات المتحد فنجد أكثر المواقف انغلاقا وتزمّتا. من ذلك مثلا مواقف المَعْمَدَانيين اليوم فهم يرفضون الاعتراف بأن عمر الأرض يساوي4،5 مليار سنة ويضغطون على الولايات الأمريكية لتمنع تعليم نظرية التطوّر في المدارس وتدفعها إلى تدريس نظرية خلق الكائنات كلها دفعة واحدة. ولا يترد دون في اقتراف الجرائم في حقّ الأطباء الذين يمارسون الإجهاض بل ويذهبون في بعض الولايات إلى حدّ اعتبار أن الميز العنصري من مشيئة الله. ويفاجئنا هذا الموقف لصدوره من البلد الذي يتمتع بأكبر عدد من جوائز نوبل العلمية. ولكنه واقع لا محيد عنه.

واليوم وفي كل البلدان الغربية فإنّ الوضعية تدعو إلى الانشغال فالمستقبل يلفه الشكّ. والعولمة تخيف. والتقدُّم التقنيّ الذي يجهل النّاس دواعيه وكيفية حدوثه مخيف هو أيضا. ها هو العلم يلد الخوف. والموقف المعارض للعلم يتجلّى

في كل المواضيع : في الكائنات المحوّرة وراثيًا وفي الخلايا الجذعية («هذا التّصرف في الجينة إلى أين سيذهب بنا؟») وفي ارتفاع درجة الحرارة المناخية («سينتهي بهم الأمر إلى تشويش الطقس كما قلنا لكم؟») وفي الهاتف الجوال («إنه خطير») و في التكنولوجيات النّانويّة («يجب منعها») وفي التصوير الطبي («هل نحن متأكدون من أن لا خطر في ذلك؟»).

ونشاهد اليوم انتشارا كبيرا للملل ومعتقدات من كلّ الأنواع و هي نتيجة لتراجع الديانات التقليدية وانهيار الماركسية التي حلّت بديلا عنها بانهيار حائط برلين. وبعض هذه الملل تدّعي أنّها حركات علمية و بعضها الآخر يعِد بتطويع الاستنساخ لإنتاج كائنات بشرية. ويتمثّل في «الرائليين» Raéliens و لكنّ أغلبيّتها تنهض عل مبدإ الجهل. ويمكن أن يتنزّل في نفس هذا السياق اعتناقُ بوذيّة التيبيت الذي يطمح على ما يبدو إلى التأليف بين الحكمة القديمة و المعرفة الحديثة. والنصوص التي قدّمها الدّلاي لا ما ليبيّن أنّ مبدأ الشكّ المعتمد في الميكانيكا الكميّة موجود في المذهب «الطَنطري» في التيبيت تصلح لتكون من المختارات. و يمثّل كلّ ذلك علامة الضّياع الفلسفي الرّوحي الذي يشكو منه المجتمع الحديث الذي أصبح يدرك أكثر فأكثر أنه يجعل من جَرْيٍ لا نهاية له و لا أمل ولا غاية قيمته العليا.

و الديانات التقليدية، ككل المنظّمات، حريصة على استعادة من ضلّوا السبيل. فاستغلّت هذا الوضع لا بالإستجابة لداعي الحداثة بل بالإنكباب على حقائقها اليقينية. من ذلك أنها أدانت البيولوجيا الحديثة و بعض الممارسات العمليّة. فظهرت بمظهر القيّم على الأخلاق الحامية للإنسان لا بمظهر المعادي للتقدّم. والنتيجة أن عدد الناس الذين يعلنون أنهم يؤمنون بالله يزداد بقوّة في البلدان الغربية المصنّعة حتى و إن كان عدد الممارسين للشعائر الدّينية لا ينمو. و اليوم أصبحت هذه الظاهرة حجّة انتخابية في المجال السياسي.

وفي هذه الفلسفة المناهضة للتطوّر و بالتّالي للعلم سَبَبِه الأول يجب أن ندرج الحركات البيئية المعارضة لكلّ تدخّل في الكائنات الحيّة سواء منها التّصرّف في الخلايا الجينية أو الأجسام المحوّرة وراثيًا (وتتفّق تصريحات الحركات البيئية في هذا الشأن مع تصريحات رجال الدّين الفرنسيين). وزيادة على ذلك تزدري هذه الحركات النّشاط البشري المسؤول في نظرها عن تدهور المناخ. ومؤسّس «مجموعة المختصّين العالميين في دراسة المناخ و داعيتُها «جون هغتون» J. Houghton يبرّر حملته للتحذير من ارتفاع درجة الحرارة المناخية بعقيدته المسيحية و ما يطلبه أنصار البيئة هو بمثابة التوبة الحقيقية. وهم يَدعون إلى منع استعمال المحروقات الأحفورية. إلاّ أنه لا بدّ في نفس الوقت من تحريم إنتاج الكهرباء بالطاقة النوويّة أو المائية ! والحلّ عندهم: التراجع الإقتصادي، التقهقر إلى الوراء. ونشير مرّة أخرى إلى أنّ «الخُضر» في فرنسا وضعوا هذا المطلب في برنامجهم السياسي.

وأمّا أنصار البيئة «القادمون من اليسار» وهم كُثْر فيضيفون إلى هذا النّضال وجوب مقاومة «الخطيئة الأولى» وهي النّظام الرأسمالي في نظرهم. و «المعذّبون في الأرض» على حدّ ما قاله حديثا أحد مفكّري هذه الجماعة، هم ضحايا لنظام يتآكل و يتداعى دون أن يصلح نفسه. وشيئا فشيئا أصبحت الحركة البيئية مِلّة لها مطالبها القاطعة و تصرّفاتها العنيفة ضدّ حقول النباتات المحوّرة جينيًا أو ضدّ معارضيها. ولها أيضا المفصولون و المطرودون. وفي قمّة هرمها يوجد الإمام الأكبر. ثمّ تأتي نُخبة رجال الدّين و في القاعدة يقبع حرس الثورة. وترتسم من وراء كلّ ذلك خلفيّة ثقافية تجمع بين اليهودية و المسيحية وهي مشبعة بالإعتقاد الديني في«الخطيئة الأولى». والإنسان في عرفهم مذنب مهما فعل. هو مذنب في استغلاله لغيره أو للطبيعة وذلك أسوأ و أخطر.

والعلم لا يبالى بهذا الضجيج، وهو ماض في تحسين معرفته لقوانين الطبيعة. ويُعْتَبَرُ اكتشاف أسرار الله هدما للأيقونات المقدّسة عند بعضهم إذا ما اقتصر الأمر على قوانين الفيزياء. وأمّا تعدّيه بالتدخّل في مجال الحياة ومجال الأرض فذلك بدعة لا تحتمل. ولا يكفي الإنسان سعيه إلى الإلمام بأسرار الله بل إنّه يعمل على أن يحلّ محلّه بتغييره للحياة و للتوازنات القائمة بينه وبين الطبيعة، إنه يرغب في أن يكون هو الإله الفعلي!

وأبرز ما يميّز الآلهة عن البشر هو الموت. فالآلهة خالدة و أمّا الإنسان فمصيره الموت إلاّ أنه من الممكن أن يطلب الخلود بفضل الخلايا الجذعية و بزرع قطعة من الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين من خلايا الهدرة أو السمندل، و هي خلايا لا تموت في بويضة مخصّبة أو في جنين في أيامه الأولى : فقد فهم أن خاصيّة الحياة الأساسية تتمثّل في كونها لا تموت فهي متداولة بين الأجيال. و عليه أن يسعى إلى تحقيق الخلود في مستوى الأفراد أو بالأحرى في مستوى بعض الأفراد. إنّه يريد أن يعالج الموت كما يعالج أيّ مرض من الأمراض.

ويشمل طموح العلم كذلك الوطن الذي اختاره الله مستقرّا للإنسان و هو الأرض. وفعلا يجهد العلم لمعرفة القوانين المتحكّمة في سير كوكبنا ويسعى كذلك إلى مراقبتها بل وإلى تغييرها. من ذلك أنه يرغب في تغيير طبيعة النباتات من خلال النباتات المحوّرة جينيّا و تغيير عمل الظواهر الطبيعية من خلال الهندسة الجغرافية. وهو يندّد بالنتائج الكارثيّة التي أحدثها الإحتباس الحراري و يحمّل الإنسان المسؤولية عن ذلك. ويقترح مراقبة المناخ بحقن أعالي الغلاف الجوّي بأكسيد الكبريت أو بزرع الحديد في المحيطات.

وأمّا الإعلامية فقد وجد فيها الكثيرون ملاذا لهم لأنها سمحت بتطوير شكل من أشكال الحياة الإفتراضية مع كلّ ما في ذلك من ضروب الإنحراف المعروفة وهي أيضا ستصطدم بكيفية مباشرة بهذه المشاريع المعادية للعلم حالما يتسنّى لها إحلال التفاعل بين المخ و الآلة و تتقدّم في معرفة آليات الإدراك وآليات نشوء المشاعر وكذلك كيفيّة تغييرها بالتدخّل الخارجي، والمخ أليس أكثر قداسة من الجنس ؟

لقد وفّر العلم للإنسان آليات جعلت منه الخالق الباري فلماذا يتوقّف ؟ ولا شكّ في أنّ العلم الذي يعمل على امتلاك المعرفة و تنمية قدراته بدون حدود لا مناص له من الإصطدام مع الدّيانات التي تحرص على المحافظة على أسرار المجال الربّاني وقد بدأت تظهر العلامات الأولى لهذا الصّدام في منع تربية الكائنات المعدّلة جينيّا وتحريم البحوث في الخلايا الجذعية و التنديد بالتطوّر المتعلّق بحياة الإنسان الحميمة ومنه الواقي و الحبوب المانعة للحمل الخ...

وأمّا الخلفية المنتصبة وراء ذلك فتتجسّم في أخطر المشاعر الجماعية ضررا ونعني الخوف. وهو زيادة على ذلك ينتشر بسرعة كبيرة و الشعور المعادي للعلم هو نفسه ينهض على الخوف، الخوف من المستقبل الذي لم يعد له من معنى. والخوف من المجهول و الخوف من التطوّر. ومفهوم الجهل الورع العزيز على «برناردو كليرفو» De Clairvaux ها هو يطفو من جديد في وضح النّهار عند الأصوليين الدّينيين من كلّ المشارب. وهو يندسّ في المعتقدات الغامضة التي تصطبغ إلى حدّ ما بصباغ النّزعة البيئية. وعدد المواطنين المؤمنين بها ما ينفكّ يزداد فلنوقفْ كلّ ذلكّ.

وعلى أهل العلم الإنتباه إلى هذه المواقف التي ما فتئت تستفحل ولن يجديهم اعتبارها عوائق تحول دون رقيّ العلم و تستأهل الإحتقار و المقاومة بكيفية جذريّة.

إنما يجديهم العملُ على فهم دواعيها و الحرص على مراعاتها في مساعيهم . وليس اخطر من الإصطدام العنيف بين من يعرفون و من يرفضون المعرفة. ومن واجب أهل العلم أن يقبلوا وضع حدود يوقفون عندها بحوثهم حتّى و إن كانوا قادرين تقنيا على مواصلتها. ولا بدّ لهم أن يشرحوا باستمرار، و على أنصار التطوّر أن يفهموا أنّ الإنسان في حاجة إلى كينونة فوق الوجود المادّي و مفارقة له. وتعتبر الظاهرة الدينيّة من تجلّياتها البيّنة. ومن المساعي الجديرة بالإهتمام في هذا الشأن دراسات الفيلسوفين المختلفين «لوك فرّي» Luc Ferry و «ريجيس دبري» Régis Debray. فقد عملا على إنشاء منظومة أخلاقية و كينونة متعالية على الوجود المادّي على أساس غير ديني. ولا شكّ في أنّ الأفكار الأنَسيّة الصادرة عن بيولوجيين مثل «أكسال خان» A.Khan و «نيكول لودوران» N. Le Douarin و «جون بيار شنجو» J.P.Changeux ضرورية جدّا لأنها تنظر في ما وضعوه لبحوثهم من حدود وغايات. وممّا تختصّ به البلدان الغربية إقبالها على تحليل هذا التعارض المتزايد بين العلم و الدين و بين التطوّر والتقليد و بين الإنسان والطبيعة. و تتسم هذه البلدان بكونها ذات أصول ثقافية متشبّعة بالديانات المنزّلة و بأن اللاّئكيّة لم تزدهر فيها إلاّ لأنها هي التيار المعارض للكنيسة. وأما في القرن الواحد والعشرين (ابتداء من سنة 2030) فلن تمثّل هذه البلدان الغربية في أحسن الأحوال إلاّ ثلث العلماء في العالم (وأقلّ من ربع المواطنين في العالم). وأمّا الجزء الباقي فسيعيش في الصّين و اليابان وكوريا والهند (ولا ننسى البرازيل و المكسيك وهما فلسفيّا أقرب إلى الغرب). وهذه البلدان (ربّما باستثناء الهند) لا تعرف اليوم ظاهريّا أيّ نزاع بين العلم والدّين لسبب بسيط وهو أن الدين ليس له فيها – ما عدا الهند- ما له في الغرب من دور محدّد للقيم و الضوابط. ولا شكّ في أنّ إجراء التجارب على الحيوانات سيصطدم في الهند بعوائق كبيرة بسبب

المعتقدات الهندوسية. ولكنّ البقرة التي سيقع إنتاجها بواسطة الإستنساخ أو بالتدخّل في الجينات هل ستعدّ مقدّسة هي الأخرى ؟ و يمكن لمثل هذا الجدل إن كان في فرنسا أن يشغل الصّحافة طيلة ثلاثة أشهر و أن ينتهي بمشروع قانون ونقاش حادّ عنيف. وأمّا في الهند فهم يتجنّبون بسطه. وفي الصّين مازال فكر الكثير من النّاس منشدًا بقوّة إلى حكمة «كنفوسيوس» و إلى القدامى رغم أنهما هما السبب في الجمود العلمي بالصّين لمدّة سبعة قرون. ولكننا إلى حدّ الآن لا نرى جدلا شبيها بالجدل الغربي في خصوص الخلايا الجذعية أو الكائنات المعدّلة وراثيًا أو ارتفاع درجة الحرارة المناخية (والهندي رجندري باشوري R. Pachauri لا يعدّ نبيّا في بلده، وهو رئيس المجموعة الدّوليّة لدراسة المناخ) ويتمثّل طموح هذه البلدان في التطوّر الإقتصادي و التطوّر الفكري أيضا. وترغب في اللّحاق بالغرب في كلّ الميادين.

و من المحتمل أن يشهد العلم في آسيا تطوّرا متسارعا. بينما يبقى الغرب متخبّطا في هذه المواجهة بين العلم من ناحية و الأديان و غُلاة أنصار البيئة من جهة ثانية.

و يتحتّم من وجهة نظر المواطن الغربي مراعاة هذا الواقع الآسيويّ في كلّ ضروب التفكير سواء من قبل أنصار التطوّر أو من قبل خصومه. ولنأخُذْ مثلا بسيطا يتعلّق بالتغير المناخي ومؤدّاه أنّ أوروبا و فرنسا هما الآن بصدد اتخاذ تدابير مقيّدة لانبعاث الكربون، وتأثيرها على المناخ سيكون ضعيفا جدّا (حتى حسب النماذج التي وضعتها المجموعة الدّولية لدراسة المناخ) في حين أنّ الهند والصّين مقبلان لضمان تطوّرهما على إصدار كميّة من ثاني أكسيد الكربون أكبر بمائة مرّة و ذلك من خلال المركزيّات العاملة بالفحم. و حجّة الأوروبيين الآخذين بهذه

السياسة أنه من واجب أوروبا أن تكون قدوة و مثلا و أنها ستنجح شيئا فشيئا في إقناع الآسيويين بتقليدها. فهل سنمثّل دائما نموذجا للآسيويين ؟

لقد أجاب عن هذا السؤال بوضوح إسناد جائزة نوبل في الإقتصاد لأَمَرْتيا سان Amartya Sen . و إن توفّرت الوسائل التقنية الميسّرة لمراقبة إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون و الحدّ منها دون النّيل من التطوّر الإقتصادي فستستعمل الهند و الصّين هذه الوسائل. و أمّا إن وجب أن يختارا بين التنمية الإقتصادية ومقاومة تزايد ثاني أكسيد الكربون فلن يتردّدا في تفضيل التنمية. وهكذا في الجملة تكون أوروبا قد حكمت على نفسها بعقوبة اقتصادية بدون أن تحقق نتائج ملموسة على نطاق الأهداف المحدّدة.

و توجد كتلة أخرى تتكوّن في أغلبيّتها من البلدان الإسلامية و سيبلغ عدد السكان فيها في أواسط هذا القرن أكثر من ملياري نسمة وفي أكنافها سيكون للتعارض بين العلم و الدّين من الحدّة مثل ما له في الغرب إن لم يكن أحدّ وأعنف. ولكنّ الرهان هنا سيكون أهمّ بكثير. إنه يعني إخراج هذه البلدان من التخلّف و إطعامها و تمكينها من الماء و من الطاقة الخ ... ولا يتمتّع العلم بحسن الذّكر في هذه الكتلة لأنه هو السبب الأول في التطوّر الذي قضى عليهم بالبقاء خارجه علاوة على كونه محلّ طعن مستمرّ من الأصوليين الدينيين الذين يجدون في البؤس تربة خصبة لهم. وبَدَلَ أن تعطي هذه البلدان بعضا من السّلطة لأهل العلم ومنهم الكثير من اللاّمعين وذوي الخبرة والكفاءة تتمادى في تفضيل السلطة الدّينية التي يساندها رأيٌ عامّ متعصّب و محدود الوعي ومن واجب الدول العربية أن تحلّل و تفهم الأسباب التي تحول دون نهضتها رغم ثروتها البترولية الهائلة و تَوَفُّرِ عددٍ كبير من أهل العلم ذوي المستويات العالية المتخرّجين من الجامعات الغربية

ورغم موارد أخرى كثيرة كتلك الموجودة بالجزائر. وقد يتساءل الغرب وكذلك روسيا و آسيا إن لم يكونوا قد ضاعفوا من حدّة مشاكل الدّول الإسلامية بنشرهم فيها للرشوة و الفساد. وفي أواسط القرن سيكون الشّباب هم العنصر الغالب على السكّان في هذه البلدان، و ستكون حظوظ جملة السّكان من التعلّم ضعيفة. وخِيرَتُهُمْ سيسعون إلى الهجرة وربّما يضاف إليهم العقلاء. أمّا الآخرون فسيتراكم عندهم الحقد على هذا العالم الذي يناصبهم العداء على ما يظنّون و الحال أنّهم هم الّذين منحهم الله السّند.

وعندئذ سنجد أنفسنا في وضعية سنعمد إلى تقديمها على نحو كاريكاتوري بالمبالغة في رسم بعض خصائصها. و تتجسّم في التعارض بين غرب غنيّ و متعلّم وهرم و متمتّع بالرعاية الصحّية الجيّدة ولكنه مرتبك، عالق في جدال مستمرّ يواجه به كلّ تقدّم علميّ جديد. وينتصب قبالته عالم إسلامي فقير قليل التعلّم ويغلب عليه الشباب و الإيمان العميق و سيكون العلم في نظر المسلمين ذا جرم مضاعف: جُرم أنه قتل الإله و جرم أنه أفقرهم. وهكذا قضى على الأمل في الحالين، ولن تحتمل هذه البلدان إلاّ تقدّما تكنولوجيا واحدا: هو الإعلامية لأنها تفتح لهم السبل إلى عالم افتراضي يشعرون فيه بالتساوي مع الآخرين.وتُقدّم هذا العَالَم الإفتراضي شبكةً معقّدة جدّا و لكنّها قابلة للمراقبة الكاملة. وفيها يمكن للعنف أن يأخذ كلّ مداه وكذلك الثأر و الإعتداء . وغدا يمكن لقرصان قادر على تشويش شفرات النّزول (على الأرض وفي الجوّ) الخاصة بمطار نيويورك أن يحدث أكبر كارثة إرهابية عرفتها البشرية. وحين نرى الهشاشة القصوى التي بلغتها الأنظمة الإعلامية لفرط اعتمادها على الإعلامية لا نستبعد إمكانية أن تفلح مجموعة من الإعلاميين المهرة في إحداث رعب بنكي عامّ يشمل كلّ العالم وليس الحادي عشر من سبتمبر إلاّ مجرّد تحذير. ولا يمثّل نهاية للكوابيس.

وفي هذا المثلّث المتكوّن من البلدان الغربية و آسيا و البلدان الإسلامية ستزداد آسيا قوّة ومناعة . وقد انتبهت إلى أهميّة العلم القصوى و أهمية البحث النظري فرصدت لهذا الغرض أموالا طائلة. وقد تعلّمت اليابان من الأزمة التي عصفت بها في التسعينات وفهمت أنّ البحث التطبيقي الخالص لا بدّ من أن يؤدّي إلى الفشل فقرّرت الإستثمار بقوّة في البحث النظري دون العزوف عن الجانب التطبيقي. وقد تابعت الصّين التجربة اليابانية فسلكت نفس المسلك وبذلت في سبيل العلم مجهودات جبّارة ولم تفصل بين النّظري و التطبيقي. وقريبا من الصّين اختارت سنغافورة هذا البلد الصّغير الذي لا يخاف من الكبار اختارت المراهنة على الذكاء، وفعلا تدير هذه الدولة الـصّغيرة أكبر ميناء في الـعالم. وهو الذي يراقب مضيق مالقا و هي تستمدّ من ذلك جزءا هامّا من مواردها ولكنّها قرّرت أن تستمدّ النصف الثاني من ثروتها من اقتصاد الذّكاء و أن تتخلّى عن صناعة الأشياء حتّى وإن كانت من التحف الإلكترونية الرّائعة لتراهن على البحث و التّجديد.ولسان حالها يقول :« نريد أن نخترع و نبدع و نتحصّل على براءات اختراع نبيعها لجيراننا الصّينيّين الأقـوياء لكي يستغلّوها». إن الـبرنامج واضح، دقيق و قد سخّرت له اعتمـادات مـالية جبّارة. لقد فهمت سنغافورة الرسالة الأمريكية، فهمت أن النظام العلمي الجامعي و ما يدور في فلكه من المنشآت مدين بقدرته الهائلة على الإبتكار والإختراع للتنوّع وفعلا تجمع الفرَق فيه بين أحسن العناصر في العالم، سواء كانت من أوروبا أو اليابان أو الهند أو الصّين أو روسيا، وإليهم ينضاف بعض الأمريكيين الأصليين. وهذه التربة التي تُخصِب فيها الثقافات بعضها بعضا هي التي تعمل سنغافورة اليوم على تجسيمها في ما أقامته من مراكز البحث والتكنولوجيا. وهنا لا يمكن للمسائل الدّينيّة والبيئيّة أن تعرقل عمل هذه المراكز التي لم تستثن

علم البيئة من بحوثها و لكنّها تعامله على أنه حقل يمكن أن تطوّر فيه تكنولوجيات جديدة.

وثمّة الهند كذلك وتنقسم إلى شقّين : أنصار الحداثة و أنصار القديم أو لِنَقُلْ ورثة نهرو و تلاميذ غاندي. و الشق الأول هو المنتصر اليوم في بعض المناطق التي يتّسم فيها الفلاّحون بالتّسيّس. و إن كانت الصّين و اليابان وكوريا مسرحا لقفزة علميّة و تكنولوجية جبّارة فإنّ الهند، التي نذكرها أقلّ ممّا نذكر الصّين رغم معدّل نموّها السنوي الذي يبلغ 7 %، هي الأولى على مستوى الإبتكار و التجديد. والعلماء الهنود و معهم العلماء الرّوس هم اليوم الأكثر اختراعا و ابتكارا إلى حدّ أنّهم يبسطون أحيانا أفكارا شاذة إلاّ أنه لا بدّ من ثمن كهذا لبسط أفكار أخرى سديدة وجيهة. وهو في صدارة المتسابقين في الإعلامية. وقريبا سيفوزون بالرتبة الأولى في البيولوجيا أيضا.

بقي أن نعرف كيف سيتصرّف الغرب في هذا السّباق في القرن الواحد والعشرين ؟ وفي هذا الصّدد ورغم ما اقترفته أمريكا من أخطاء في إدارتها المالية لبنوكها ستبقى هي رئة العالم العلمية والتكنولوجية بفضل جامعاتها التي تُعَدُّ مواطن خلق و ابتكار بل هي «مضخّات للمواهب» على حساب العالم كلّه. ورغم ذلك فإنّ الشعور الدّينيّ الرجعي ذو سلطة كبيرة هناك و هو منتشر انتشارا واسعا. وكلّ الساسة يظهرون انتماءهم الديني. وقد سبق أن أشرنا إلى أنّ بعض الكنائس البروتستانتية كالتعميديّة تتّسم بنشاط في منتهى الفاعلية و العدوانية. ونشير على صعيد آخر إلى أنّ الهجرة تتغيّر لأنّ ازدهار آسيا سيؤدّي إلى تناقص عدد المهاجرين من الصّين و الهند و اليابان و سيكون ذلك لصالح الهجرة من المكسيك و جنوب أمريكا و أوروبا الشرقية. وهؤلاء المهاجرون خلافا للآسيويين، متعلّمون و هم من الكاثوليك (أو من الأورتدكس) ونظرا لكلّ ذلك لن تكون المعركة من أجل

التطوّر محسومة مسبقا. ولا نغفل عن أنّ الأجسام المحوّرة حينيّا ليست ممنوعة وأنّ الرّئيس أوباما أباح البحوث على الخلايا الجذعية. وكان الرئيس السابق قد منعها. إلا أن النّووي مازال من المحرّمات منذ حادث «ثري مايل ايزلند». وقد ظهرت مجموعات تندّد بعدُ بالأخطار التي يمكن أن تنجرّ عن بعض البحوث المجراة على المخ. و60 % من الأمريكيين يرفضون نظريّة التطوّر و يؤمنون بخلق الكائنات كلّ على حدة. وذلك يعني أنّ الطّريق ليست ميسّرة كما هي الحال في آسيا. وهنا أيضا لا مفرّ من المواجهات بين العلم و الدّين.

بقيت أوروبا أخيرا و طاقتها العلمية و التكنولوجية جبّارة إلاّ أنّها غالبا ما تصطدم بالمعارضات الدّينية و البيئيّة، من ذلك مقاومة النّووي و رفض السّدود و معارضة البحوث على الخلايا الجذعية. وتسعى المفوّضيّة في بروكسيل إلى رفع الحضر المضروب على الأجسام المحوّرة جينيّا. ولكن بدون جدوى.ونشاهد اليوم بروز مجموعات ترفض التكنولوجيا النّانُويّة.

إن الحركة المناهضة للعلم قويّة في أوروبا التي تشكو إلى ذلك، من تنظيمها السياسي المعقّد.لأنّ هذا الكيان المتكوّن من 27 بلدا يعتمد في عمله على مبدأ الإجماع الذي لا يتيح لا النقاشات الواضحة ولا القرارات السّريعة. ولا احد يعرف كيف ستتطوّر هذه المشاكل. وأمّا التّحدّيات فهي حاضرة، بيّنة محدّدة. فهل سنقوى عل تجاوزها ؟

إنّ الوسائل الفكرية اللاّزمة لذلك متوفّرة عندنا، و كلّ مستقبلنا رهن قدرة أهل العلم على الإقتاع و شجاعة المسؤولين السياسيين في التصدّي لجماعات الضّغط. و ما يطالع أوروبا من التّحدّيات يطالع كذلك الدّيمقراطية، لا في الشكل بل في اللّبّ و الجوهر، ولا أحد يعرف النّتيجة التي سينتهي إليها الأمر.

الفصل الثالث عشر

المملكة أو الظّلمات

«لا رياح مواتية لمن لا يعرف إلى أين يتّجه»

سيناك

لا شكّ في أنّ التّحدّيات التي عرضنا لها هي نتائج مباشرة أو غير مباشرة للتطّورات العلمية التي ستتحقّق في القرن الحالي. وهذه التّحدّيات صِنْفان :

فبعضها يتعلّق بالكائن البشري و بأسس النّزعة الإنسانية ذاتها، وهي تخصّ الأمور الجوهرية ولا حدود لها، وهي من القبيل المادّي الموضوعي و تتمثّل في التّحدّيات المتّصلة بالبحوث في الحياة وفي قدرتنا على التّدخّل في الأحياء و كذلك في التحدّيات التي تتّصل بالكوكب و بالإنسجام الذي يتحتّم علينا إحلاله بين البشر ونضيف إلى ذلك ما سيحصل من تطوّرات في معرفتنا لكيفيّة عمل المخ والتدخّل الممكن فيه بالانطلاق من أحداث إعلامية أو كهرطيسيّة مصطنّعة ونظيف أيضا القدرة على التمييز بين الواقع و الإفتراضي الذي تصنعه الإعلامية لا ذاك الذي يتخيّله الفرد. و من هذه التّحدّيات أيضا تحلّي الإنسان

بالقدرة النفسيّة على قبول الحياة في عالم يسوده الشكّ و الصدفة. إلاّ انّه رغم ذلك لا بدّ من السيطرة عليه وتنظيمه و التّكيّف معه باستمرار.

وأمّا الصنف الثاني من التّحدّيات فهو أكثر خصوصية، إذ يتعلّق بالمسلك الذي ستسلكه أوروبا وفرنسا في خضمّ هذا التطوّر العلمي و المكانة التي سنقتطعها لنا على المستوى الإقتصادي والسياسي. فماذا ستكون مساهمتنا في تقدّم المعرفة على المستوى العالمي ؟ و الجواب رهن قدراتنا على التجديد و الإبتكار. وهو كذلك رهْنُ الضّغوط الإجتماعية التي سنسلّطها على التطوّر العلميّ والتكنولوجيّ. وكيف سنواجه «التحدّي الأكبر في القرن الواحد و العشرين» وقد سبق أن بسطناه في الفصل السابق.؟

ومن البديهيّ اعتبار هذين الصنفين من التّحدّيات مترابطين. فماذا ستكون مساهمة أوروبا مهد الأنَسيّة و الفلسفة، في الحلول التي يتحتّم على كلّ البشر إيجادها ؟ و أظنّ أنّ أوروبا لها دائما دور بارز عليها أن تضطلع به على شرط أن تنجح في الموازنة بين الكائن الرّاهن وما يجب أن يكون. وحلقات التفكير و النقاش التي لا مناص منها و التي غالبا ما تكون صعبة يجب أن تجري في إطار أوروبيّ على أن لا نغفل أبدا عن سياق التّسابق العالمي و أن نفهم أنّ آسيا لن تتبنّى حتما طريقتنا في النّظر إلى الأشياء و أنّها ستسعى إلى الإستفادة من ضعفنا وتساؤلاتنا.

وقد سبق أن أشرنا إلى أنّ هذه التّحدّيات التي يمكن لبعضهم أن ينزّلها منزلة التّهديدات تسوق إلى تصوّر سيناريوهات كارثيّة ليست من باب الخيال العلمي، وفعلا يتبادر إلى ذهننا حين نعدّدها الواحد تلو الآخر، السؤال الثّاني : ألا يجب إيقاف الرّقيّ و تطوّر العلم ؟ أليس من الأحسن العودة إلى الوراء إلى «الزمن القديم الجميل» الذي لم يكن في حقيقته جميلا إلى الحدّ الذي نتصوّره ؟

و الحكمة ألاّ تكمن أخيرا في ما ينادي به نادي روما: أي إيقاف التنمية ؟ و كلّ إنسان شريف، نزيه من واجبه أن يفكّر في هذه المسألة بكلّ جدّ و كلّ عمق لأنها ستُبْسَط بكيفيّة متكرّرة على امتداد هذا القرن.

وهذه المسألة، وهي جوهريّة تخصّ أسسَ الأنسيّة ذاتها. فهل سيتجاوز العلم الإنسان ؟ والمناصرة العمياء للعلم ليست الجواب المناسب وكذلك إيقاف التطوّر. و وتيرة تقدّم العلم اليوم أسرع من أن تواكبها العقليات وتطور المجتمعات النفسيُّ. ونظرا لكون العلم يتسارع لابد من التكهن مسبقا بالتطورات القادمة لأن المشاكل المبسوطة ستكون عميقة وجديدة إلى حدّ أن العقليات ستكون بإستمرار متأخرة بالنسبة إلى التطور العلمي.

ولا يمكن للنقاش الذي ينطلق مع ظهور القضية مباشرة أن يتسم بما نطلبه له من الرّصانة. وذلك هو ما نلمسه اليوم من خلال مواضيع هامة، متنوعة كالأمهات الحاملات لجنين غيرهن مقابل أجر، ومراقبة الأنترنات وإمكانية منح براءات إختراع تخص الأحياء و تأطير الهجرة والتغير المناخي والإستنساخ العلاجيّ والأجسام المعدلة جينيًا أو حتى التكنلوجيا النانُويّة.

ولاشك في أن التفكير في ما حققه العلم من تقدُّم وضرورة أن يراقب المجتمع كل ذلك ليس جديدا. ويكفينا أن نذكّر من جديد بأوروبا القديمة في بداية القرن العشرين ورفضها للإستنارة الكهربائية ولاستعمالها في الصناعة وما تسبب لها فيه من تأخر على أمريكا. ونذكّر كذلك بما أثارته السكك الحديدية من جدل في القرن التاسع عشر ورغبة «أرغو الأكبر» Arago في منعها مستندا في ذلك إلى الأنفاق خاصة. ولا تفوتنا الإشارة إلى النقاشات المتعلقة بإستعمال الطاقة النووية في المجال المدني والعسكري وهي متواصلة إلى اليوم. والجديد في الأمر هو أن كلّ

الإنجازات العلمية الكبرى ستكون مصدر إنشغال عندنا. وستثير حساسية أكبر بكثير لأنّها تهم ميدانين «مقدّسين» : الحياة وكوكب الأرض.

ومن الحاجات الضرورية العاجلة ضرورة إعداد إستراتيجية لمواجهة الكوارث الممكنة التي تهدّد أسس حضارتنا ذاتها ومنها النيل من وحدة الجسم البشري ووحدة المخ أيضا. ووضعُ أسس الثقافة موضع الشك ونعني المعرفة والذاكرة والجهد والكفاءة وتدمير بعض المناطق الجغرافية الطبيعية الملائمة لأصناف معيّنة من الأحياء بالإستغلال المشط أو التلوث المشطّ. إلخ... ولكن هل يتلاءم ذلك مع التطور العلمي الذي يتسم بطابعه الاحتمالي المستعصي على التوقع ؟.

والتطور العلمي حسب «هوراس ولبول» H. Welpole يحدث بطريقة غير متوقعة تتطابق مع خطة «كرستوف كولمب» H. Colomb الساعي إلى الوصول إلى الهند فإذا به يكتشف أمريكا. ولكن هذه الطريقة وإن كانت جوهرية تبقى جزئية. ذلك أن جزءا كبيرا من النشاط العلمي يتمثل في تطوير وتعميق المنافذ الجديدة وحسن إستثمارها. وذلك يصحّ في مستوى مجموعة ما كما يصح في مستوى الفرد. وفي هذا الشأن يقول «ادوارد ولسن» E. Wilson عالم البيئة الكبير: «رجل العلم الذي ينجح هو ذاك الذي يفكر في لحظات الإلهام النادرة كما يفكر الشاعر ويعمل في بقية الوقت كما يعمل المحاسب» والتخطيط للعلم ضروري في الكثير من القطاعات ولكنه لن يكون مثمرا ما لم نجعله مرنا قادرا على مراجعة توجّهاته وفق ما تقتضيه النتائج الحاصلة.

وإن أردنا ضمان سلامة تزوُّدنا بالأورانيوم لإنتاج الكهرباء في المستقبل وجب منذ الآن إنشاء الجيل الرابع من المركزيات رغم أن المختصين يجدون عناء في بيع الجيل الثالث من هذه المنشآت. إلا أنه من الممكن أن يفلح أحد الباحثين غدا

في تركيز الطاقة الشمسية وتحويلها إلى كهرباء. وفي هذه الحالة لابدّ من أن نكون قادرين على تغيير إتّجاه بحوثنا الطّاقيّة وفقا لهذا الحادث. ومن الشؤون العاجلة أيضا ضرورةُ وضع إستراتيجيات جديدة للبحث عن المعادن التي لا تَدَعُهَا الأحداث الجيولوجية تتجمّع وتتكثّف على نحو جيّد. وهذه المعادن لا غنى عنها لتطوير الخلايا الضّوفُلتيّة أو البطاريات أو الشاشات البلاسمية. ومنها الإنديوم و الليثيوم والليتربيوم. وتساوي المُقَدَرات من هذه المعادن أقل من عشرة سنوات.

ولابد من أن نطوّر اليوم البحوث في إستعمال الخلايا الجنينية للرفع من طاقة الطب الترميمي. وقد يكتشف الطّب غدا أن جسم الكهول ينطوي على كميّة وفيرة من الخلايا المتعدّدة الطاقات كما يرى بعض الباحثين فلا مفرّ عندئذ من تغيير وجهة البحث لتفادي الإصطدام مع الكنيسة الكاثوليكية. لأنّ مثل هذا الإصطدام قد يعطّل البحث على المستوى الأوروبيّ.

وعلى هذه الإستراتيجية العلمية أن تراعي بعض الضوابط الضرورية. كالتسابق والتعاون وحماية التجديد والإبتكار والتكافل بين البحث النظري والبحث التطبيقي والنقاشات الحرة حول المشروع المجتمعيّ ورفض القرارات التي إتّخذها غير أهل الكفاءة والخبرة.

وتَطَوُّرُ البحث في القرن الحالي في مستوى الكوكب أو في مستوى بلد أو قارّة وسواء كان من عمل الأفراد أو الفِرَق أو الشركات الصّناعية أو الجامعات سيخضع لثنائية التسابق والتعاون. ولا سبيل إلى الجدّة بدون تسابق. ولا يمكن أن نتصور بحثا علميا لا دخل فيه لأنا الباحث وإرادة البروز والتفرّد عنده. وذلك أمر جيد. ولولا هذا السباق لوجب أن نلتجئ إلى مبدأ التوافق والإجماع. وهو عقيم. والملاحَظ أنّ إنجاز برامج بحث باهظة التكاليف يقتضي الاشتراك في الوسائل

والامكانيات وتقاسم المخاطر. لقد أصبح التّعاون إذن قَدَرا لا حيادَ عنه للعلم الحديث. ولكنّ هذا التّعاون لن يكون مثمرا ما لم يؤازره التنافس، من ذلك أنّ الجامعات الأمريكيّة ذات منزلة رفيعة (لا المشهورة منها فقط) لأنّها تتنافس في ما بينها بكيفيّة مستمرّة. فجامعة «هارفارد» مثلا لا تفصلها عن المعهد التكنولوجي بمسّاشُوسات إلاّ محطّتا قطار أنفاق، وكلاهما يَسعى إلى أن يفوق الآخر.

وكلّ ذلك موجود منذ النصف الثاني من القرن العشرين. وأمّا ما سيكون جديدا في القرن الواحد والعشرين فيتجسّم في أنّ التعاون سيكون في مستوى الدول وسيشمل العالم كلّه. وتندرج في هذا النطاق كبرياتُ المشاريع الباهظة التكاليف كريادة الكواكب أو فيزياء الطاقات العالية أو الأبحاث المتعلقة بالاندماج النّووي، وكذلك دراسة المناخ أو المحيطات. وكلّ هذه الأشغال ستخضع لثنائيّة التسابق والتّعاون التي بسطها قديما عالمُ الاقتصاد الأمريكي «لستار ثورُو» L.Thurow وإلاّ عسُر علينا التقدّم.

ولم نر أبدا، منذ بدء الوجود البشري، مثل هذا العدد من الباحثين. ومن الطبيعي أن يسوق ذلك إلى ما أوردناه من التطوّرات العلميّة والتكنولوجيّة، وأن يكون له دور إيجابيّ في المجال العلميّ، ومن الطبيعيّ أيضا أن يكون لهذا التطوّر الكمّي أثره على التطوّر الكيفي. والنّزعة تتّجه أكثر فأكثر إلى التوحيد وإلى التقييم الكمّي للباحثين (عدد الشواهد، عدد براءات الاختراع) وإلى الافتقار التدريجي إلى الطرافة وإلى الأفكار الجديدة القادرة على الاكتشاف. وكلّما ازداد عدد الباحثين وعددُ المنشورات والندوات وتوسّع الإشهار المتعلّق بالبحث تناقصَ التجديد الحقيقي، وتناقصت الطّرافة، وتغلّب المدى القصيرُ على الاستثمار في المدى الطويل، وعلى الابتكار الحقيقيّ. ويمكن تفسير هذا الأمر بسهولة باعتماد نظرية الفيلسوف « روني جيرار» R.Girard المسمّاة « الميمزيس»

وهي ترى أنّه يوجد تعارض بين الفرد الذي يسعى إلى التميّـز والمجموعة التي تسعى إلى التوحّد والتّماثل لضمان تماسكها. وهذه المجموعة لا تقبل طرافة الفرد إلاّ إن كانت معقولة ويمكن تقليدها. وعندئذ يصبح الطريف هو القائد وهو المرجع. أما إن كانت طرافة الفرد، على خلاف ذلك، كبيرة جدّا إلى حدّ غير مقبول فإنّ المجموعة تضحّي به. فهو كبش الفداء. إنّ الابتكار في أوّل عهده مسعى فرديّ تتبنّاه أقليّة محدودة.

ومهما كان الأمر مؤسفا لا بدّ من الاعتراف بأنّ جمهرة العلماء ليست متحفّزة أو مترصّدة للأشياء الجديدة لأنّ هذه الأشياء مصدر ضيق. وهي لا تهضم بسرعة إلاّ الأفكار التي تريحها. ورغم ذلك فإنّ المخالفين والشوّاذ هم الذين يجعلون العلم يتقدّم كما يقول « فريمان ديسون» F.Dayson الفيزيائي الأمريكي الكبير. وفعلا حُورِبتْ أعمالُ «كوبرنيك» و «غاليلي» ورفضت فرنسا نظريّة «نيوتن» طيلة ثلاثين سنة رغم «فولتير» و «أميلي دو شتولي» E. de Châtelet وتجاهلت جمهرة البيولوجيين «لمارك» و «داروين» لمدّة أربعين سنة. وبقيت نظريّة «ويجنير» Wegner في طَفاوة القّارات محلّ معارضة لخمسين سنة. ورُفضت نظريّة اينشتاين في النسبيّة لثلاثين سنة.

وهكذا نرى أنّ ضمان تطوّر العلم في المستقبل يحتّم الاعتراف بالحقّ في الطرافة وفي الخروج عن الرّأي السائد. ويقتضي حماية الطريف، حماية ما لم تثبت صحّته علميّا. فمنهما ستأتي القفزات العلميّة الكبيرة. ولكنّ الطرافة اليوم يتهدّدها عدد الباحثين وتنظيم المنشورات العلميّة والتقييم الكمّي للباحثين والتخطيط المُفرط. فهي بالتالي خاضعة لظاهرة الموضة.

وفي نفس السياق، لأنّ ما سنبسطه هو امتداد لما سبق، من الواجب أن نتجنّب توجيهَ البحث حسب رؤية نفعيّة فوريّة خالصة. وفعلا لم نخترع الكهرباء نتيجة وضع برنامج لتحسين قنديل الغاز ! ولذا من اللازم أن يكون لنا قطاعُ بحث غير مُبرمج ولم تُضبط له غايات معيّنة. فهو لا يستند إلاّ إلى خيال الباحثين.

وكلّ هذه العوامل تسوق إلى نتيجة هيكليّة أساسيّة تتمثّل في أنّ الاكتشاف لا يزدهر إلاّ في الهياكل الصّغيرة. ويصحّ ذلك في المستوى الجامعي وفي المستوى الصناعيّ. والهيكل القادر على الاختراع والاكتشاف هو الفريق وهو المؤسسات الصّغرى والمتوسّطة، وأمّا الهياكل الكبرى (كالمخابر والشركات الكبرى) فهي لا تخترع برامج جديدة حقّا إلاّ نادرا، إلاّ أنّها تحذق فنّ استغلالها بكيفيّة ناجعة.

وتقدّم الإعلاميّة التّجسيمَ الرّمزيَّ لهذه المبادئ. وتفصيل ذلك أنّ مؤسسة « إ.ب.م. .I.B.M» لها مخابر بحث ذات جودة استثنائيّة. ولكنّها لم تنشئ لا الحاسوب الموازي ولا الحاسوب المتّجهي، أو الحاسوب الصغري. والثوريون الحقيقيون في هذا المجال هما «ستيف جوبس» S.Jobs مؤسّس «أبل» Apple و «بيل غاتس» B.Gates مؤسّس « ماكنتوش» وقد استهلاّ أعمالهما في بعض المستودعات كما تقول الأسطورة، لذلك يجب أن نواصل مساعدة الأفراد والفريق والمؤسسات الصّغرى والمتوسطة وخاصّة إذا ما انتهجت غير المألوف من المسالك.

ولا بدّ من تطوير البحث الجامعي لأنّه هو المحرّك للجدّة والابتكار، وفيه تتكوّن الكفاءات الشابّة. وكذلك البحوث الجارية في فلك الجامعة. وننبّه في هذا الشأن إلى أنّ تطوير البحث النظري بمعزل عن القطاع الاقتصادي والمجال الهندسي يعني قطعَ الرّابط الذي يسمح للبحث بتخصيب الاقتصاد ويسمح للاقتصاد بإلهام البحث.

وذلك هو تقريبا ما دأبت عليه أوروبا، لا فرنسا وحدها، منذ خمسين سنة. والحل أنّ المثال الذي يجب اتّباعه بيّن، ونعني الجامعتين الأمريكيتين الكبيرتين : المعهد التكنولوجي بمسّاشوسات والمعهد التكنولوجي بكاليفورنيا وهنا وفي نفس الحرم الجامعي يَتعايش البحثُ النظريّ الخالص، وأكثرُ التكنولوجيات تطبيقا والفائزون بجوائز نوبل وأصحابُ براءات الاختراع. والمعهد التكنولوجي أسّسه سنة 1886 مجموعة صغيرة تتّسم بحسّها المستقبلي الثّاقب. وهو يختلف اختلافا جذريّا عن الجامعات الأمريكيّة التقليديّة القائمة على النظام الانجليزي مثل «هارفارد» و «يال» Yale و «برنستون» Princeton الخ... وطيلة خمسين سنة بدا الجمع بين العلم والتكنولوجيا للأسرة الجامعيّة الأمريكيّة أمرا مخالفا للتقاليد. ثمّ نجح هذا النظام نجاحا منقطع النظير. واليوم تنهض كلّ الجامعات الأمريكية على هذا المبدإ الجامع بين « العلم والتكنولوجيا» ولا يعني ذلك إهمال العلوم الإنسانيّة أو الثقافة العامّة، بل إنّ الاهتمام بهما يظهر حتّى في التكوين المهني. وتعكف الجامعات الأمريكية على تدريس اللغة اليونانيّة القديمة أكثر من الجامعات الفرنسيّة ! وعلينا أن لا ننسى ذلك وأن نسعى إلى فهم أسبابه.

فلنكُفّ إذن عن المقابلة بين البحث النظري والبحث التّطبيقي. ولنعملْ على عكس ذلك على أن يتكافلا ويتّحدا. وأحيلكم في هذا الموضوع إلى كتاب «بيار جيل دُوجان P.G.de Gennes «الأشياء الهشّة» (les objets fragiles) (صفحة 31 وما يليها) وقد فهمت ذلك آسيا. فاليابان التي اعتمدت طيلة عشرين سنة برنامجا للأبحاث النفعيّة فقط غيّرت اختيارها منذ عشرة سنوات. وضربت في خمسة الميزانيات المخصّصة للبحوث النظريّة. ولكنّها حرصت في نفس الوقت على أن يقع إنجاز هذه البحوث في جامعات تجعلها على صلة وثيقة بالبحث التكنولوجي والاقتصادي في المجال العمومي والمجال الخاصّ.

وتسلك الصين اليوم نفس المسلك، وكذلك الهند، ويتجلى ذلك في جامعاتها مثل الجامعة الرّمز ببنقلور Bangalore وجامعات حيدر أباد ودلهي وأحمد أباد وغيرها. وهكذا يتّضح أن نموذج المعهد التكنولوجي بمَسَاشُوسات آخذ في الانتشار. وتبقى أوروبا وحدها متأخّرة عن هذه الحركة.

ويكفينا، حتّى نفهم سبب هذا النّجاح، أن ندرك أنّ التطوّر العلميّ لا يكون إلاّ بالتقاء أفكار جديدة وكذلك بالإكثار منها وتطويعها لقطاعات ما كانت متوقّعة في الأصل. ومن الأمثلة على هذه القفزات من علم إلى آخر الرّقاقات ذات الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين والحواسيب ذات الخلايا العصبيّة. وذلك يقتضي أن نجمع في نفس المكان باحثين لهم تكوين مختلف واختصاصات وجنسيات مختلفة. على أن نضيف إليهم طرائق بحث متعدّدة، ويظهر هنا أيضا أن التنوّع هو الذي يتيح بروز الأفكار الجديدة.

وحتّى نضمن تحوّل التطوّر العلميّ والتكنولوجي في القرن الواحد والعشرين إلى رقيّ للإنسانيّة لا بدّ من شرط آخر يحتّم معالجة قضايا المجتمع من خلال نقاش حرّ على أهل العلم المشاركةُ فيه بملء قواهم. ومن الضروري أن لا تنتصر فيه الإنطباعيّة على الموضوعيّة كما انتصرت مثلا في النقاش الخاصّ بالأجسام المحوّرة جينيّا في فرنسا. إذ وقع الخلط بين نهم الشركات المتعدّدة الجنسيات المتخصّصة في البذور والضّرر الناجم عن هذه الأجسام والرّفض «الفلسفي» لكلّ هندسة جينيّة.

وأظنّ أنّه بات لزاما على رجال العلم أن يبادروا بالتفكير في الجانب الأخلاقي، لا بحصره في ما بينهم، بل بعقد الحوار مع كلّ الأطراف الفاعلة في المدينة، وخاصّة منها الأديان. وأمّا اختيار أهل العلم للعزلة والأبراج العاجيّة فهو من المواقف

التي يمكن أن تقضي على العلم في العالم الغربيّ على الأقلّ. ومن واجبهم، على عكس ذلك، المساهمة في النقاشات الدائرة في المدينة وقبولُ ما يظهر من الاعتراضات على اكتشافاتهم حين تصدم بحدّة معتقدات الناس ومراجعهم. ويجمل بهم أن يناقشوا ويُقيموا الحجّة ويفسّروا. ولم يعُد بإمكانهم قيادةُ العالم باعتماد الأمر الواقع، الذي يقرّرونه من وراء أبراجهم، وإلاّ فسيكون سلوكهم معزّزا لأنصار تقليص التنمية ورافضي التطوّر. ولم يعد بوسع رجال العلم التعويلُ على المدرسة الأساسيّة لتكون هي الموفّـق بين الأطراف المتقابلة لأنّ هذه المدرسة تعاني من التأخّر إذ تفضّل تكديس المعارف بدل الحرص على فهم معانيها. وعلى أهل العلم هم ذاتهم الانخراط في عمل تربويّ جماعيّ وفي سلسلة من النقاشات والمحاضرات والتظاهرات الإعلاميّة.

وذلك ما بدأ يتحقّق إلى حدّ ما إذ نرى أهل العلم يُقبلون أكثر فأكثر على إنشاء الكتب الموجّهة إلى الجمهور الواسع والمشاركة في البرامج التلفزيّة، وفي هذا السياق اختار «بيار جيل دوجان» بعد حصوله على جائزة نوبل أن يذهب إلى المعاهد الثانويّة ليشرح للتلاميذ معنى أبحاثه واكتشافاته. وأمّا «جورج شارباك» G.Charpak فقد وضع برنامجا لتدريس العلوم بواسطة التجربة سمّاه «التّعليم الذاتيّ» وأظنّ أنّ هذه النشاطات سيكون لها في القرن الواحد والعشرين مدى وأهميّة أكبر وستستعمل وسائل تقنية متعدّدة (كالأفلام والصور والانترنت) وستشتمل على نقاشات مع الفلاسفة وعلماء الاجتماع وعلماء النفس الاجتماعيين ومع المراهقين. وهذه المهمّة ليست هيّنة ويبدو حتّى الآن أنّ رجال العلم لم يستعدّوا جيّدا لهذه المساعي.

ويُعدّ إنشاء لجان ينتمي أعضاؤها إلى حقول مختلفة كاللجنة الوطنيّة للمحافظة على الأخلاق أمرا جيّدا. ويجب أن تكون النقاشات فيها أوسع ما تكون وأن يشارك فيها أكبر عدد ممكن من النّاس.

وهذه النقاشات حاليا لا تنعقد إلاّ بمناسبة الإعداد لقانون ما. ولذلك تتحوّل إلى مواجهات مباشرة تتّسم أحيانا بصبغتها السياسيّة الخالصة وتبقى فاترة قاصرة، وبعضها ممّا ليس تشريعيّا، يقع نسيانها بكلّ سهولة رغم ما حظيت به من تغطية صحفيّة واسعة.

ويُعدّ استعمال الحاسوب والإعلاميّة الخلويّة العصبيّة في التعليم مسألة محوريّة لحضارتنا، إلاّ أنّه لم يقع التعرّض لها. وقد لمسنا مدى افتقار النقاش إلى الإعداد بمناسبة بسط القانون الرّامي إلى تقنين الأنترنات. فكان مواجهة بين جماعات ضغط أكثر منه موضوعا فكّر فيه المتناقشون حقّا. وممّا راعني اعتبار الجانب الالكتروني التقنيّ ثابتا، نهائيّا وأن كلّ شيء منظّم على أساس الامكانيات الحالية. والحال أنّه من الأحسن مراجعة كلّ شيء. ومن الطبيعيّ أنّ معمار الشبكة الحالية يمكن تغييره حتّى يتسنّى للإعلام والابتكار أن تكون لهما المكانة التي يستحقّانها في حضارة الانترنت.

وسأورد بعض النقاشات التي لا غنى عنها. ولكنّها رغم ذلك لم تُبسّط.

وأعود إلى استعمال التكنولوجيات الجديدة في التعليم فهو يثير مسائل جوهريّة بل مأسويّة. فهل يجب ترقّب أن يقترح الوزير قانونا يمنع استعمال نوع معيّن من الآلات الحاسبة في الامتحان أو استعمال التلاميذ للهاتف الجوّال في المدارس حتّى نثير الموضوع ونطرحه للنقاش الحادّ العنيف؟

وتُعدّ مسألة الولادة بالوكالة مع كلّ ما نعرفه من امتداداتها قضيّة عاجلة جدّا. ويبدو أنّ النجوم في هوليود قد ألفن الالتجاء إلى الأمّهات الحاملات بالوكالة حتّى لا تُفسدن بطونهنّ. فالمهنة تقتضي ذلك، ومن الطبيعي أن تتقاضى هؤلاء الحاملات أجرا. وأمّا صحّة الجنين فتقع مراقبتها أكثر فأكثر. وهكذا ننزلق شيئا فشيئا إلى مبدإ تحسين النّسل وإلى تسويق هذا المبدإ بدون أن يثير ذلك أي جدال. وكذلك الحال مع سكّان العالم فالجميع يقول ويكرّر أنّ عددهم يتزايد ولكن لا أحد يهتمّ بالأمر. والحال أنّه بوسعنا اليوم وضعُ خرائط توقعيّة لمناطق الاكتظاظ المفرط والمقدّرات الفلاحيّة للسنوات العشرة القادمة أو للعشرين أو للخمسين. فمن سينظر إليها ؟ ومن سينشغل بما تتنبّأ به من الكوارث؟ فهل سنترقّب المجاعات والهجرات الجماعيّة حتّى نتحرّك.؟

وتجسّم هذه الأمثلة خاصيّة جوهريّة تسم بداية القرن الواحد والعشرين ونعني التزايد المستمرّ في المعارف والتقنيات والمعلومات التي تغيّر بدون انقطاع وبكيفيّة غير محسوسة مجتمعاتنا. وهو ما يسمّيه الفيلسوف « فرانسوا جوليان» F.Jullien [83] التغيّرات الخفيّة إلاّ أنّ كلّ شيء يبعث على الاعتقاد بأنّ القرن الواحد والعشرين لن يكون قرن الاكتشافات الكبيرة العميقة الأثر كالميكانيكا الكميّة وبنية الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين وتكتونية الصّفائح. ولا شكّ في أنّه سيشهد تطوّرات هامّة ولكنّها لن تكون ثوريّة. ولن تتوالى على وتيرة جهنّميّة تُـوهمنا بأن التطوّر لا انقطاع فيه ولا هدنة. ولا بدّ من التدخّل في مستوى الجذور والأصول إن شئنا للمشاكل حلولا لا تضطرّنا إليها العجلة والطّوارئ الفاجعة.

83 - Les transformations silencieuses grasset. 2009.

وكلّ هذه التطوّرات تجري في سياق دولي وفي عولمة كاملة للعلم. ولنذكـرْ أن ما تقدّمه البلدان الآسيويّة من مساهمات علميّة في المجلاّت العالميّة، يفوق، منذ سنة 2005، المساهمات الأوروبيّة. والاستقراء التقديري للخطّ البيانيّ يشير إلى أنّ هذه البلدان ستفوق الولايات المتحدة في ظرف عشرة سنوات. لقد انقضى العهد الذي كانت فيه الاكتشافات العلميّة وقفا على المثلث المتكوّن من الولايات المتحدة واليابان وأوروبا.

ولذا يجب إجراء مقارنات ومناقشات على المستوى العالمي، فهل يعني ذلك أننا نتّجه إلى ناد للعشرين الكبار على أن يكون خاصّا بالعلم هذه المرّة ؟ وأملي أن لا يقع ذلك أبدا.

ومثل هذا النادي مفيد في السياسة لأنّها تعتمد المبدأ الديمقراطي وأما العلم فهو بطبيعته متعارض مع الديمقراطيّة لأنّ الديمقراطيّة تقتل التجديد والابتكار. وليست الأغلبيّة هي التي تحدّد الحقيقة العلميّة لا في زمن غاليلي ولا في عهد انشتاين ولا اليوم. والتوافق لا قيمة له إلاّ بعد جيل. وذلك ما عبّر عنه بكيفيّة جيّدة « ماكس بلانك».

وفكرة التنسيق، على صعيد الكوكب كله، بين ردود الفعل إزاء التهديدات التي تتربّص بالمجتمع البشري نرحّب بها ونتمنّى حصولها. على شرط أن لا تكون الاتّفاقيات المنبثقة عنها ناتجة عن الرغبة في إحلال إجماع يفرض حقيقة رسميّة ويرى أنْ لا بدّ منها مهما كان الثمن.

ولا بدّ من مقابلة الرأي العلميّ ذي الأغلبيّة بمبدإ الحيطة والاحتراز. ومن الضروري أن لا يكون هذا الرأي هو الرأي الرسميّ. وما وقع مع المجموعة الدوليّة لدراسة المناخ هو المثال نفسه على ما يجب أن لا نفعله. وتفصيل ذلك أن فريقا

من المختصّين أعدّ تقريرا في 1000 صفحة. وراعى فيه الدقائق والشّوائب وجعل منه وثيقة علميّة رفيعة المستوى، ثمّ وقع تلخيص هذا العمل في 100 صفحة. وهو تلخيص شوّه إلى حدّ ما هذا التقرير وأسقط كلّ الدّقائق والشوائب. وهذا التلخيص أفضى بدوره إلى وثيقة في 20 صفحة. وقد صيغت في شكل مجموعة من التصريحات والمعارف اليقينيّة، ولكنّ هذه التصريحات وقع إقرارها بالاقتراع واعتماد مبدإ الأغلبيّة. وذلك مناف للعلم خاصّة ونصف المقترعين ليسوا من رجال العلم. بل هم ممثّلون لدول. وإذا توفـّـرت معطيات حسابيّة وظهرت الاختلافات وحلّ التباين كما هي الحال مع درجة الحرارة المتوقّعة لكوكبنا بعد قرن من الآن عمد المعنيون إلى استخلاص المعدّل من النماذج المطروحة. ولكنّ الحقيقة العلميّة ما كانت أبدا مسألة معدّل. والأدهى أنّهم يلجؤون إلى مبدأ المعدّل حتّى إن وجب الاختيار بين عددين فقط، ونحن واثقون، بالاقتراع، أنّ النتيجة الحاصلة تحتمل الخطأ. فلنضعْ حدّا لهذه التكنوقراطيّة التي ترعاها منظمة الأمم المتحدة ويزكّيها بعض الضالّين من رجال العلم. واليوم يُمنع على الباحثين أن يضعوا موضع الشكّ ما قدّمته المجموعة الدوليّة لدراسة المناخ من حقائق تخصّ المناخ. وإلاّ عرّضوا أنفسهم للفصل. وقُطعت عنهم الاعتمادات المرصودة لبحوثهم ومُنعت مقالاتهم من النشر وهاجمتهم وسائل الإعلام بكلّ عنف. ومن المفيد أن تحذّرنا لجنة ما من المخاطر التي تتهدّد كوكبنا. ا. إلاّ أنّه من المشين أن يُقدّم ذلك على أنّه يقين ولا تشير إلى أنّ نسبة الشكّ فيه كبيرة، خاصّة ومثل هذه التصريحات تتنزّل عند المسؤولين السياسيين منزلة الأقوال المقدّسة التي لا تحتمل الشكّ.

ومنذ بعض السنوات كان للجنة الأمم المتحدة التي اهتمّت بالوقاية من الكوارث الطبيعيّة موقف مناقض لهذا الموقف الاستبدادي بدليل أنّه لم يحاول

أحد إذ ذاك أن يفرض هذه النظرية أو تلك حول الزلازل أو الثوران البركاني أو الأعاصير أو أن يُقنع بنموذج إعلامي توقّعي. واكتفت اللجنة بإصدار مجموعة من التوصيات لحماية السكّان وتطوير البحث والرّصد في البلدان المهدّدة. وهكذا اختار كلّ بلد الموقف المناسب له. واقتصر دور الأمم المتحدة على المساعدة بتقديم المال أو بتوفير العدد اللازم من المختصّين وبفضل هذه اللجنة تيسّر إنشاءُ المراصد ومنها انطلق برنامجُ رصد الظواهر الطبيعيّة بالأقمار الاصطناعيّة. وقد اقتضى تحقيق هذا البرنامج عشرين سنة. وهو موضوع على ذمّة كلّ البلدان سواء كانت غنيّة أو فقيرة. فهي كلّها تستقرئ ما يقدّمه من المعطيات لصالحها.

والراغبون في تعطيل التطوّر العلميّ هم الذين يطالبون اليوم الأمم المتحدة بإنشاء لجان لكلّ الميادين. ولو كانت توجد منذ عشرة سنوات لجنة أمميّة خاصّة بالخلايا الجذعيّة لبادرت إلى منع البحوث في هذا المجال.

وهنا أيضا نجد أنفسنا أمام مسألة صعبة. ولا شكّ في أنّ انعدام التنسيق على المستوى العالمي لا يساعد على اتّخاذ التدابير الفعّالة، ولكنّ التنسيق إذا ما كان مُغاليا وأخطأ في التحليل أو في الحلول المقترحة يمكن أن تكون له نتائج كارثيّة أكثر حدّة.

والجواب عن كلّ ذلك هو : التّشاور والنّقاش على شرط أن نقرن إليهما المساواة والمسؤوليّة.

ومن الثابت أنّ وسائل الإعلام ذات وطء على العلم وقد تسوقه إلى الفساد أحيانا. فهي حسّاسة للمدى القصير. وأمّا تطوّر العلم فله وتيرته الخاصّة التي غالبا ما تكون أبطأ. وهي تصنع الشهرة لبعض الأفراد دون أن تكون مؤهّلة لذلك. ونذكر في هذا الصدد قصّة ذاكرة الماء الشهيرة التي سخرت فيها جريدة مسائيّة

ذائعة الصيت من «جورج شارباك» الفائز بجائزة نوبل للفيزياء. وهو لم يُورد إلا حقائق. وهذه الحادثة أساءت كثيرا إلى العلم (وإلى الجريدة أيضا). والإعلان قبل الأوان عن هذا السّبق الطبيّ أو ذاك يحرجُ التطوّر العلميّ أكثر ممّا يسنده. ولكنّ الحال هي هذه. ووسائل الإعلام موجودة وكلّ ما يجب فعله هو الحرص على تحسين كفاءاتها وخصالها وأخلاقياتها. فهي إذن أمام « برنامج واسع» حسب عبارة الجنرال « ديقول».

ومن العناصر الجوهريّة المتعلّقة بتطوّر العلم في القرن الواحد والعشرين الدّور الذي سيضطلع به العسكريون ولا بدّ من الاعتراف، شئنا أم أبينا بأنّ دورهم في تطوّر العلوم في القرن العشرين كان حاسما. ومن الطبيعي في هذه الحال أن تتبادر إلى الذهن أسلحة الدّمار الشامل والقنابلُ النوويّة ولكنّ دورهم لم يقتصر على ذلك. فبفضلهم تطوّر استكشافُ أعماق المحيطات. وهم الذين أتاحوا لتكتونية الصّفائح أن تتفتّق وتونع. وما كان للإعلاميّة أن تكون على ما هي عليه اليوم لو لا التّمويلات العسكريّة الضّخمة وخاصّة منها تمويلات «البنتاغون» الأمريكي. وغزو الفضاء ما كان ممكنا لولا هم. وتكنولوجيا الليزر وفيزياء النواة من الميادين التي وجدت فيهم الحافزَ الإيجابي البيّن.

فهل سيتواصل دورهم كمحرّكات جوهريّة في التطوّرات العلميّة والتكنولوجيّة؟ ونظرا إلى أنّ جزءا هامّا من الازدهار العلميّ سيكون من نصيب البيولوجيا فإنّه بالإمكان أن نتصوّر الميادين التي ستشدّ اهتمام العسكريين. ولا شكّ في أنّ مواضيع كالعلاقات بين الإعلاميّة والمخ والأمراض الفيروسيّة والسّعي إلى مقاومة الأوبئة العامّة التي قد تتسبّبُ فيها، والتّطبيب عن بعد والجراحة عن بعد والمناعة ستكون من أولى مشاغلهم. وأمّا الأبحاث المتّصلة بالحرب البيولوجية فلا نعرف

إن كانت ستتسارع أم لا. ولا بدّ من الاعتراف بأنّه يوجَد في شتّى أنحاء العالم آلاف البيولوجيين الذين يعملون لاستنباط تقنيات قادرة على كشف أيّ فيروس جديد وصناعة العناصر المضادّة للقضاء على أيّ هجوم محتمل. ومن المؤسف أنّه يوجد أيضا من البيولوجيين من يعملون في الخفاء لوضع أسلحة بيولوجية تعتمد البكتيريات أو الفيروسات، وسيكون لمثل هذه الأعمال دور لا في توجيه البحوث فقط بل وفي تصوّر عامّة الناس للعلم أيضا. ولا شكّ في أن المشاعر المناهضة للعلم اليوم والمعارضةَ بكيفيّة خاصّة للنوويّ ناتجة إلى حدّ ما عن صوَر الدّمار الفظيعة في هيروشيما ونقازاكي. وحدوث حرب بيولوجية تستعمل فيروسات متأتّية مباشرة من التدخّل في الجينات يمكن أن يدمّر تطوّر علم الوراثة. ومهما تكن الحال لا نشكّ أبدا في أنّ العسكريين سيواصلون الاهتمام عن كثب بالإعلاميّة والنشاطات الفضائيّة. (وخاصّة تلك التي تُعنى بالأرض) والتكنولوجيات النّانُويّة، وآلات الليزر ذات الطاقة العالية، وهكذا سيكون لهم دور بيّن في التطوّر العلميّ في الغد. وهنا أيضا سيكون الحوار مع رجال العلم جوهريا.

ولا شكّ في أنّ العلم في القرن الواحد والعشرين سيتناول مسائل أساسيّة لم يسبق للبشريّة أن عالجتها. من ذلك الإنسان. ماذا عساه يكون؟ صحيح أنّه من القردة ولكنّه يختلف عن القرد اختلافا جوهريًا. وهذا التحوّل، كيف حدث؟ وكيف وُلد الفكر عند الإنسان ؟

وإن كانت بعض العقاقير قادرة على إحداث الحبّ. فما هو الحبّ ؟ وهل يمكن أن نصنع إنسانا جديدا بالتدخّل في الحامض الريبي النووي منقوص الأكسجين ؟ وما هو الجنس ؟ وربّما نستطيع في القرن الواحد والعشرين تغييرَ الجنس لمن يشاء بفضل الهندسة العلاجيّة أو حتّى بواسطة العقاقير. وما الحياة ؟ وهل سنعرف إن

كانت توجدُ على كواكب تقع خارج نظامنا الشمسيّ نكون قد حصلنا على صُور دقيقة لها ؟. ولماذا اقتضى مرور الحياة من مرحلة البكتيريا والطّحالب إلى مرحلة الكائنات الحيّة العليا أكثر من ثلاثة مليارات من السنوات ؟

وهل سنتمكّن من صنع كائنات آليّة تُماثل الكائنات الحيّة ونعني أن يكون لها استقلالها الذاتيّ من حيث الطاقة وأن تكون قادرة على التّوالد. كما يرى «مينسْكي» الأستاذ الشّهير بالمعهد التكنولوجي بمسّاشوسات ؟ وكلّ هذه المسائل ستحتّم مرّة أخرى أن يتّحد العلم والفلسفة كما اتّحدا في العصور القديمة عساهما يهتديان إلى طريقة جديدة لرؤية العالم وضبط منزلة الإنسان فيه.

ذلك هو السيناريو السّلبي فهو ذاك الذي سيسوق العالم الغربيّ إلى التقهقر بسبب خوفه اللامعقول من الغد. والمتوقّــع أن تتوقّف في الغرب بعض التطوّرات التكنولوجيّة لانعدام الموادّ الأوليّة. والمسؤول عن ذلك هو الإنسان الغربي بسبب عجزه عن حلّ مشكل الطاقة لأنّه لم يحسن استقراء المستقبل والاستعداد له برصانة. ولم يَقُم بالبحوث المتعلّقة بمناجم المعادن النادرة. ولا شكّ في أنّ حكمه على النقل بالزوال وتحريمَه لكلّ أنواع البحوث العلميّة على الكائنات الحيّة وخضوعه لتأثير الأديان التي لم تفهم الحاجة إلى التطوّر، ووقوعه ضحيّة للقرارات الاستبداديّة التي يصدرها أنصار البيئة ذوو النفوذ القويّ رغم كونهم أقليّة لا شكّ في أنّ كلّ ذلك سيجعل الإنسان الغربيّ يعيش كمن يعيش في قرية منصرفا إلى التقوى والورع وسيحرّم على نفسه التصدّي للطبيعة ويترقّب أن يموت «موتا طبيعيا» وسيبقى مشدودا إلى الحاسوب حتّى يعيش من خلاله في العالم الافتراضي الذي يفضُلُ العالم الموضوعي بكونه كاملا.

وستكون فرنسا قد تحوّلت إلى متحف شاسع، وإليه سيقود الدليل الزائرين وليس له من جهد غير أنّ يسرد ما يمليه عليه « غوغل» google بواسطة رقاقة مزروعة في مخه.

وأمّا أكثر الأوروبيّين جرأة فسيذهبون إلى آسيا حيث يمكنهم الاشتغال في الأعمال التي لا تحتاج إلى مؤهلات عالية. فذلك هو كلّ ما يسمح لهم به تعلّمهم المحدود. فهل سيكون المطعم الصّينيّ هو مستقبل الإنسان الغربيّ ؟ ونعني، طبعا، أن يكون هو النادل فيه.

إنّ مصير الإنسان ليس محدّدا مسبقا. إذ بوسعه أن يختار بين الملك أو الظلمات كما قال «جاك مونود» في كتابه «الصدفة والضرورة»[84] وذلك أصحّ بالنسبة إلينا نحن الأوربيّين لكوننا الآن في مفترق طرق. فهل ستُلقي بنا المغامرة العلميّة الخلاّقة على أطرافها ؟ وهل ستتواصل بدوننا بسبب احتياطاتنا المُفرطة وشططِ المحرّمات والممنوعات عندنا ؟.

84 - Le hasard t la nécessité. Le Seuil 1970.

الفهرس

أَليس العلم بقريب ؟

العلم

هو الذي يغيّر العالم. أمّا الاقتصاد فيستغلّ ما يتوصّل إليه العلم من النتائج. ويضيف إليها ملحقات افتراضيّة. وأمّا السياسة فتنظّم وتحاول أن تسيطر على تطوّرٍ ما ينفكّ يفلت منها.

ولا نحتاج إلى التذكير بأنّ اختراع الطباعة في القرن السادس عشر هو الذي أفقد الكنسية سيطرتها المطلقة على الفكر العقليّ والعلميّ. ولنفكّرْ في القرن التاسع عشر فقد تمّت فيه اكتشافات عديدة كالكهرباء والرّاديو والتليفون والسيارات والبترول والميكروبات وتعميم التلقيح وتطوّر السكك الحديديّة وغيرها. وكان من نتائجها ولادة الرأسماليّة وتوسّع المدن الضخمة المبنيّة حول المصانع وتطوّر البورصة وازدهار شركات رأسماليّة كبيرة. وقبالة ذلك ولدت الحركة الاجتماعية المنظّمة والنقابات.

إن تاريخ الحضارات البشرية تنتجه في المقام الأول تطوّرات العلم وما يسمح به مَن التقنيات. وأمّا بقيّة العوامل فتأتي بعد ذلك. والفارق في التطوّر بين البلدان يعكس مدى سرعتها في استيعاب وتطويع الاكتشافات العلمية الجديدة أو الاختراعات التكنولوجية.

فقد لا يخطر على البال أنّ قوّة أمريكا المتزايدة في القرن العشرين وهيمنتها على العالم تجدان منبتا لهما في فكرة عبقرية برقت في ذهن شابّ ربيّ مهاجر...

ISBN : 978-9938-806-80-9

